

Departamento
de Engenharia Mecânica

Climatização de um Edifício de Serviços – Estágio na Empresa Climacer, Lda.

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Mecânica – Especialização em Projeto, Instalação e
Manutenção de Sistemas Térmicos

Autor

Rúben André dos Santos Costa

Orientador

Prof. Adj. António Manuel de Moraes Grade

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Supervisor

Eng.º Paulo Festas

Climacer, Lda.

Coimbra, abril, 2018



“Inteligência é a capacidade de se adaptar à mudança”

Stephen Hawking

“O êxito da vida não se mede pelo caminho que você conquistou, mas sim pelas dificuldades que superou no caminho.”

Abraham Lincoln

Agradecimentos

Não poderia concluir devidamente o presente relatório de estágio sem agradecer a todas as pessoas e instituições/empresas que me ajudaram e acompanharam, tanto ao longo do estágio, como também no meu percurso académico, que me permitiram alcançar esta fase da minha vida.

À minha família, nomeadamente à minha mãe Isilda e ao meu pai António, pela paciência, carinho, apoio, orientação, mas principalmente pela confiança depositada, encorajando-me e fazendo-me acreditar que era possível, mesmo nos dias mais difíceis, a eles devo-lhes tudo!

À minha namorada Juliana, por estar sempre do meu lado, pela paciência, carinho, apoio, orientação e amizade.

A todos os meus colegas e amigos, principalmente ao Nuno Teles e Pedro Sequeira que sempre me acompanharam e apoiaram.

À Climacer pela oportunidade de realização do estágio curricular e a todos os seus colaboradores pela ajuda e apoio, em especial ao Eng.º Paulo Festas, COO da empresa, por todo o apoio, conhecimento transmitido e por ter acreditado sempre em mim, e ao Eng.º Mauro Fona, Eng.º Rui Madureira, Eng.º Rui Pereira e Eng.º Luis Nery por todo o tempo dispensado, pela transmissão de conhecimento, tanto a nível pessoal como profissional.

Ao meu orientador Prof. António Grade, pelo acompanhamento, dedicação e conselhos transmitidos.

A todos vocês, o meu muito obrigado!

Resumo

No segundo ano letivo do Mestrado em Engenharia Mecânica, na Especialização em Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC), o aluno optou pela realização de um estágio curricular.

O presente relatório de estágio descreve o trabalho desenvolvido no decorrer do estágio na empresa Climacer, Lda. durante o ano letivo 2016/2017 e uma simulação de um projeto.

Sendo a principal atividade da empresa a instalação de sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado (AVAC), este relatório aborda os vários sistemas existentes, analisando mais pormenorizadamente um projeto.

O estágio iniciou-se com o aluno a conhecer a empresa, não só as tarefas que seriam atribuídas no decorrer do estágio e o funcionamento da empresa, como também os seus colaboradores.

O estágio foi dividido em três fases:

- Fase de Projeto na qual se dimensionaram pequenos sistemas para habitação;
- Fase de Orçamentação, onde se realizaram inúmeros orçamentos, tendo sido o departamento onde o aluno mais ativo esteve.
- Fase de Direção de obra, onde o aluno fez backoffice a várias obras, tendo assegurado a direção de obra na parte final do estágio.

Com a realização do presente estágio foi possível obter uma vasta experiência prática em contexto profissional da área estudada e aplicar todos os conhecimentos adquiridos nos anos de aprendizagem enquanto aluno do ISEC.

Palavras-chave: AVAC, CYPE, Buçaco, Climatização, Orçamentação, Direção de obra

Abstract

In the second academic year, of the Master in Mechanical Engineering, in the specialization “Project, Installation and Maintenance of Thermal Systems”, of the Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC), the student opted for the curricular internship.

This internship report describes the work carried out during the internship at the company Climacer Lda. In the 2016/2017 school year and a simulation of a project.

Being the main activity of the company the installation of Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) systems, this report approaches several existing systems, analyzing in more detail a project.

The internship began with the student getting to know the company, not only the tasks that would be attributed during the stage and the operation of the company, but also its employees.

The stage was divided in three phases:

- Project Phase in which small housing systems were designed;
- Phase of Budgeting, where numerous budgets were performed, having been the department where the student was more active.
- Phase of Work Direction, where the student made backoffice to several works under construction, having ensured work direction in the final part of the internship.

With the accomplishment of the present internship it was possible to get a huge practical experience in the professional context of the studied area and to apply the knowledge acquired in all the years of learning as a student of ISEC.

Key words: HVAC, CYPE, Buçaco, Climatization, Budgeting, Construction management

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento do tema	1
1.2. Principais objetivos	1
1.3. Organização do relatório	2
2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	3
3. SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DE AVAC	5
3.1. Conceito de AVAC.....	5
3.2. Enquadramento legal	6
3.3. Tipos de sistemas de climatização.....	9
3.4. Equipamentos de AVAC mais usuais	11
3.4.1. Unidades de Tratamento de Ar (UTAs).....	11
3.4.2. Rooftops	12
3.4.3. Ventiladores.....	13
3.4.4. Cortinas de ar.....	14
3.4.5. Recuperadores de calor.....	15
3.4.6. Caldeiras	16
3.4.7. Radiadores e toalheiros.....	16
3.4.8. Chillers	17
3.4.9. Ventiloconvectores	18
3.4.10. Equipamentos mono-split.....	19
3.4.11. Equipamentos multi-split.....	19
3.4.12. Equipamentos VRF	19
3.4.13. Close Control.....	19
4. INSTALAÇÃO ESTUDADA	21
4.1. Descrição do edifício.....	21
4.2. Sistema geral preconizado	22
4.2.1. Loja.....	23
4.2.2. Sala de leitura	24
4.2.3. Sala de apoio à loja	24

4.2.4. Sala de apoio	24
4.2.5. Cafeteria	24
4.2.6. Cozinha	25
4.2.7. Circulações.....	25
4.2.8. Instalações sanitárias	25
4.3. Dimensionamento da instalação	25
4.4. Metodologia do cálculo térmico	27
4.4.1. Modelação do edifício.....	28
4.5. Seleção dos equipamentos	42
4.5.1. Equipamentos mono-split	42
4.5.2. Sistema VRF	44
4.6. Limitações	45
4.7. Propostas de melhoria.....	46
5. OUTRAS TAREFAS REALIZADAS	51
5.1. Orçamentação	51
5.2. Direção de obra.....	55
6. CONCLUSÃO	65
7. BIBLIOGRAFIA.....	67
8. ANEXOS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 – Unidade de tratamento de ar da marca Systemair, modelo Danvent (Hospital Pulido Valente, 2017)	12
Figura 3.2 – Rooftop da marca Systemair, modelo SysAer (Leroy Merlin Leiria, 2018)	13
Figura 3.3 – Ventilador de insuflação da marca Systemair, modelo MUB (Hospital Pulido Valente, 2017)	14
Figura 3.4 – Cortina de ar da marca France Air, modelo Harmony Compact EVO (Clínica Médica Dentária da Esgueira, 2016)	14
Figura 3.5 – Recuperador de calor da marca LG, modelo LZ (Fábrica Moldaveiro, 2017)	15
Figura 3.6 – Caldeira mural da marca Viessmann, modelo Vitodens (Casa Acreditar Porto, 2015)	16
Figura 3.7 – Radiador da marca Baxi, modelo Condal (Catálogo Baxi, 2017)	17
Figura 3.8 – Chiller só frio da marca Systemair, modelo SysCroll (Hospital Pulido Valente, 2017)	18
Figura 3.9 – Ventiloinconvetor da marca Systemair, modelo KOG (Hospital CUF Cascais, 2017)	18
Figura 4.1 - Planta do piso 0 do edifício (AutoCAD™ 2017)	21
Figura 4.2 – Instalação AVAC (AutoCAD™ 2017)	23
Figura 4.3 – Ambiente de trabalho CYPE (CYPE™ 2017)	29
Figura 4.4 – Piso 0 (CYPE™ 2017)	30
Figura 4.5 – Piso mezanino (CYPE™ 2017)	31
Figura 4.6 – Cobertura (CYPE™ 2017)	32
Figura 4.7 – Edifício 3D (CYPE™ 2017)	32
Figura 4.8 – Edifício 3D (CYPE™ 2017)	33
Figura 4.9 – Edifício 3D (CYPE™ 2017)	33
Figura 4.10 – Constituição esquemática da parede exterior 53 cm (CYPE™ 2017)	34
Figura 4.11 – Constituição esquemática da parede interior 9 cm (CYPE™ 2017)	35
Figura 4.12 – Constituição esquemática da parede de vidro (CYPE™ 2017)	35
Figura 4.13 – Características dos vãos envidraçados (CYPE™ 2017)	36
Figura 4.14 – Constituição esquemática da laje térrea (CYPE™ 2017)	36
Figura 4.15 – Constituição esquemática da laje mezanino (CYPE™ 2017)	37
Figura 4.16 – Constituição esquemática da cobertura (CYPE™ 2017)	37
Figura 4.17 – Parâmetros pré-definidos para o estudo térmico e climático de um escritório (CYPE™ 2017)	38
Figura 4.18 – Novo compartimento de “Compartimentos de utilização administrativa” (CYPE™ 2017)	39
Figura 4.19 – Classificação energética	42
Figura 4.20 - Unidade interior de cassete de 4 vias	43
Figura 4.21 – Unidade interior de conduta	43
Figura 4.22 – Unidade interior de chão envolvente	45
Figura 4.23 – Unidade interior de chão com envolvente	45
Figura 4.24 – Instalação AVAC com recuperador de calor e cortina de ar (CYPE™ 2017)	49
Figura 5.1 – Procedimento de Qualidade de Orçamentação Climacer	54
Figura 5.2 – Organograma da hierarquia numa obra	55
Figura 5.3 – Chiller assente no maciço (Hospital Pulido Valente, 2017)	57
Figura 5.4 – Esboços de plenos para a produção (Lacoste, 2017)	58
Figura 5.5 – Traçado aerólico devidamente tamponado (IKEA Loures, 2017)	59
Figura 5.6 – Traçado aerólico devidamente tamponado (Hospital Pulido Valente, 2017)	59
Figura 5.7 – Acessórios de conduta devidamente tamponado (EFAPEL, 2017)	60
Figura 5.8 – Unidade de leitura de estanquidade	61

Figura 5.9 – Ventilador axial equipado com variador de velocidade.....	61
--	----

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Resumo dos equipamentos mais comuns referente ao respetivo sistema	10
Tabela 4.1 – Condições climatéricas no concelho da Mealhada	27
Tabela 4.2 – Parâmetros de projeto	28
Tabela 4.3 – Cargas térmicas de arrefecimento (CYPE™ 2017)	40
Tabela 4.4 – Cargas térmicas de aquecimento (CYPE™ 2017)	41
Tabela 4.5 – Resumo das cargas térmicas de arrefecimento sem recuperador de calor (CYPE™ 2017).....	47
Tabela 4.6 – Resumo das cargas térmicas de aquecimento sem recuperador de calor (CYPE™ 2017).....	48
Tabela 4.7 – Resumo das cargas térmicas de arrefecimento com recuperador de calor (CYPE™ 2017)	48
Tabela 4.8 – Resumo das cargas térmicas de aquecimento com recuperador de calor (CYPE™ 2017)	48

SIMBOLOGIA

Pa	Pascal
W	Watt
R	Classe energética
Ntc	Necessidades anuais globais de energia primária [kgep]
Nt	Valor máximo RCCTE [kgep]
kgep	kg equivalente de petróleo
a	Altura
b	Largura
m	Metro
s	Segundo
h	Hora
°C	Grau Celsio

ABREVIATURAS

AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
GPL	Gás de Petróleo Liquefeito
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
IGESPAR	Instituto de Gestão do Património Arquitetónico e Arqueológico
ISEC	Instituto de Engenharia de Coimbra
MEM	Mestrado em Engenharia Mecânica
OMS	Organização Mundial de Saúde
PIMST	Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos
QAI	Qualidade do Ar Interior
RECS	Regulamento de Desempenho Energético em Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
SCE	Sistema de Certificação Energética em Edifícios
UE	União Europeia
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
VRV	Variable Refrigerant Volume
VRF	Variable Refrigerant Flow

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento do tema

Um projeto de AVAC requer o dimensionamento e consequente seleção de todos os equipamentos e materiais necessários numa obra, no que diz respeito à climatização, ventilação e águas quentes sanitárias, quando aplicável. Trata-se de um processo minucioso que implica uma análise cuidada das características e tipologia do edifício, das condições climáticas envolventes, sem descurar as necessidades do cliente, o orçamento final e o bem-estar e saúde dos utilizadores do edifício.

Devido à panóplia de sistemas e equipamentos disponíveis para se efetuar a climatização, o projetista tem de optar pelas soluções mais viáveis, tanto no que concerne ao consumo energético, como à viabilidade e custo de instalação do sistema, sendo este, na maioria das vezes, o fator mais determinante na decisão do cliente final.

O projeto de AVAC que será analisado neste relatório foi realizado para a obra da Garagem do Palace Hotel do Bussaco, requerido pela Fundação Mata do Bussaco, tendo-se optado por sistemas de climatização “tudo-ar” com equipamentos terminais de climatização e renovação de ar ambiente indicados para a utilização de fluído frigorigéneo.

1.2. Principais objetivos

Este relatório é elaborado no âmbito do estágio curricular, para conclusão do segundo ano do Mestrado em Engenharia Mecânica (MEM) – Especialização em Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos (PIMST), do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). O estágio foi realizado na empresa Climacer, Lda., durante o período de nove meses, compreendido entre Novembro de 2016 a Julho de 2017.

Os principais objetivos deste estágio curricular são permitir ao aluno uma integração no mercado de trabalho, neste caso na área de AVAC, e consequentemente adquirir conhecimentos no que respeita ao funcionamento de uma empresa deste ramo bem como aprofundar todos os conhecimentos teóricos adquiridos no primeiro ano de Mestrado em Engenharia Mecânica - Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos (MEM – PIMST).

Neste documento foi registado o trabalho desenvolvido no período em que decorreu o estágio, passando por várias fases, como orçamentação, projeto, backoffice de obra e direção de obra.

1.3. Organização do relatório

Após a Introdução o presente relatório começa por apresentar a empresa onde decorreu o estágio curricular.

No ponto seguinte são abordados conceitos teóricos, descrevendo os vários sistemas e equipamentos possíveis e a sua aplicabilidade, assim como a legislação relativa ao tema.

Posteriormente, recorrendo ao software de engenharia designado CYPETM, faz-se a análise de um projeto de climatização do edifício Garagem do Palace Hotel do Bussaco, com sistema de expansão direta, propondo possíveis melhorias.

No capítulo seguinte são descritas as atividades realizadas na empresa.

Por fim, são apresentadas as conclusões e o balanço do estágio. O relatório possui ainda um capítulo com as referências bibliográficas que serviram de base à realização do presente relatório e os anexos com documentação relativa aos equipamentos usados no projeto e os dados calculados pelo software.

2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A Climacer, Lda. é uma empresa especializada em projeto, instalação e manutenção de sistemas AVAC, sediada em Trouxemil, Coimbra.

Em **1990** inicia a sua atividade direcionada para a área de AVAC e canalizações.

Em **1993** muda as suas instalações para a Zona Industrial da Pedrulha, Coimbra, e define novos objetivos de desenvolvimento de projeto, fabrico de condutas e empreitadas de maiores dimensões.

Em **1996** é considerada a empresa número um, a nível nacional, como agente de compras pela marca Carrier.

Em **2000** posiciona-se no primeiro lugar em volume de vendas de equipamentos da marca Hitachi.

Em **2001** é considerada PME Excelência pelo IAPMEI.

Em **2006** constrói novas instalações em Trouxemil, onde se situa até data.

Em **2009** expande-se a nível técnico e obtém reconhecimento de PME Líder.

Em **2015** entram novos sócios, nova gerência e inicia-se uma nova fase de exploração.

Em **2016**, ano de início do presente estágio, a empresa ganha novas obras, de grandes dimensões e importância por todo o país.

Em **2017**, ano de conclusão do presente estágio, a empresa conta com uma equipa de Engenharia de excelência, uma equipa técnica de alta qualidade, uma equipa administrativa de extrema competência e uma Administração bastante coesa. Todos juntos e em equipa conseguirão, de certo, dar um novo rumo à Climacer, Lda.

3. SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DE AVAC

3.1. Conceito de AVAC

O termo corrente e generalizado de AVAC é proveniente de HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning), siglas com o significado de “aquecimento, ventilação e ar condicionado”.

O objetivo de um sistema AVAC é criar conforto ambiental. Podemos definir conforto térmico como *“conforto térmico é uma sensação humana fortemente relacionada à subjetividade, e depende, principalmente, de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos. Os fatores físicos são aqueles que determinam as trocas de calor do corpo com o meio; já os fatores fisiológicos referem-se às alterações na resposta fisiológica do organismo, resultantes da exposição contínua a determinada condição térmica (aclimação humana); e finalmente, os fatores psicológicos, que são os que se relacionam às diferenças na percepção e na resposta aos estímulos sensoriais, frutos da experiência passada e da expectativa do indivíduo.”* (Lamberts, 2016)

O setor de AVAC é uma área bastante complexa e abrangente no que diz respeito a soluções, requerendo em sistemas com grande dimensão e/ou grau de complexidade a necessidade de monitorizar e controlar valores de humidade, temperatura, qualidade do ar interior, entre outros. A escolha destes controlos recai sobre a tipologia do edifício e dos serviços prestados no mesmo.

No caso dos hospitais e unidades de saúde, esse controlo é imprescindível e bastante rigoroso, implementando-se a gestão técnica centralizada, capaz de controlar vários parâmetros relativos à qualidade do ar, de maneira independente, em várias divisões.

De acordo com a OMS, à poluição do ar interior estão associados efeitos na saúde das pessoas (OMS, 2005) e considerando que passamos em média 90% do tempo em espaços interiores (habitações, trabalho, escolas, espaços comerciais) (Thade Report, EFA, 2004) podemos afirmar que atualmente o AVAC é uma das especialidades mais importantes e que mais destaque tem num edifício.

Devido à presença de produtos de limpeza, gases emitidos por seres humanos (suores, ar expirado, etc.) e até mesmo por sistemas de AVAC com manutenção deficiente em edifícios é necessário monitorizar a QAI (Qualidade do Ar Interior) de forma a garantir a saúde dos ocupantes. Uma QAI baixa pode ter repercussões graves na saúde, causando o aumento de patologias respiratórias e dermatológicas, doenças crónicas, alergias e afetando o bem-estar e produtividade dos ocupantes.

As condições climáticas desde sempre obrigaram o ser humano a procurar refúgio da chuva, vento, calor e frio. Desde os primórdios que utilizavam abrigos naturais até à construção de habitações. A qualidade de vida foi um fator predominante nas escolhas do Homem, o que levou à sua constante evolução. Atualmente o conforto vai muito além da sobrevivência.

A contínua evolução que houve vai desde as redes de água fria ou quente até ao controlo da humidade, temperatura e qualidade do ar.

O aumento das comodidades acarreta custos proporcionais à sua exigência, tanto a nível financeiro como a nível ambiental, provocando um aumento da poluição do planeta.

O consumo de energia associado ao conforto aumentou radicalmente nos últimos anos, sendo o AVAC uma das parcelas mais significativas no consumo energético de um edifício. Há cada vez mais a preocupação da utilização racional de energia em edifícios e do controlo da poluição ambiental.

“Atualmente não se pode apenas garantir que um número cada vez maior de edifícios ofereça todo um conjunto de comodidades, desde o possuir águas quentes sanitárias até o garantir condições de conforto durante todo ano. É necessário conseguir essa contínua melhoria das condições de forma sustentada: os recursos da Terra devem ser utilizados de forma a garantir que as gerações futuras tenham um mesmo número de alternativas que foi dada à geração atual. Podem ser novas alternativas ou alternativas existentes, mas a sociedade não pode basear o seu modo de vida num sistema que vá progressivamente esgotando os recursos do planeta. A utilização racional da energia, o controlo das emissões poluentes, a utilização de fluídos que não sejam nocivos a médio e longo prazo para o equilíbrio do planeta, são aspetos relevantes na conceção dos atuais sistemas energéticos.” (Roriz, 2007).

3.2. Enquadramento legal

O projeto apresentado foi elaborado de acordo com a regulamentação portuguesa em vigor que deverá ser inevitavelmente respeitada.

A legislação para SCE, RECS e REH remete para o decreto-lei 118/2013.

Neste caso, a legislação a respeitar para este projeto é a do Sistema de Certificação Energética em Edifícios. Indicam-se, em seguida, os principais diplomas legais usados neste trabalho.

Decreto-Lei n.º 28/2016. D.R. n.º 119, Série I de 2016-06-23

Procede à quarta alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, relativo à melhoria do desempenho energético dos edifícios, e que transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010.

Decreto-Lei n.º 251/2015. D.R. n.º 231, Série I de 2015-11-25

Procede à terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto, que aprovou o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

Decreto-Lei n.º 194/2015. D.R. n.º 179, Série I de 2015-09-14

Altera o Decreto-Lei n.º 118/2013, e atualiza disposições previstas nos Regulamentos do Desempenho Energético dos Edifícios quer de Habitação (REH), quer de Comércio e Serviços (RECS), face ao regime que dispensa de cumprimento dos requisitos mínimos de eficiência energética e qualidade térmica aplicável às operações de reabilitação.

Com esta atualização, procurou-se, igualmente, harmonizar o regime jurídico nacional com as orientações e práticas europeias no que respeita ao desempenho energético dos edifícios, elevando o nível de exigência em termos de eficiências energética, essencial ao cumprimento dos objetivos fixados para 2020.

Decreto-Lei n.º 68-A/2015. D.R. n.º 84, Série I de 2015-04-30

Estabelece disposições em matéria de eficiência energética e cogeração, transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva nº 2012/27/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Outubro de 2012, relativa à Eficiência Energética, procedendo igualmente à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto, que aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Directiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

Decreto-Lei n.º 118/2013. D.R. n.º 159, Série I de 2013-08-20

Aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Directiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

Portaria n.º 319/2016. D.R. n.º 239, Série I de 2016-12-15

Procede à segunda alteração da Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro, alterada pela Portaria n.º 379-A/2015, de 22 de outubro, que define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento térmico e de eficiência de sistemas técnicos dos edifícios novos e sujeitos a intervenção.

Portaria n.º 349-A/2013. D.R. n.º 232, Suplemento, Série I de 2013-11-29

Determina as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), regulamenta as actividades dos técnicos do SCE, estabelece as categorias de edifícios, para efeitos de certificação energética, bem como os tipos de pré-certificados e certificados SCE e responsabilidade pela sua emissão, fixa as taxas de registo no SCE e estabelece os critérios de verificação de qualidade dos processos de certificação do SCE, bem como os elementos que deverão constar do relatório e da anotação no registo individual do Perito Qualificado (PQ).

Portaria n.º 349-B/2013. D.R. n.º 232, Suplemento, Série I de 2013-11-29

Define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção.

Portaria n.º 353-A/2013. D.R. n.º 235, Suplemento, Série I de 2013-12-04

Estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respetiva metodologia de avaliação.

Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Procede à publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados.

Despacho (extrato) n.º 15793-G/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Procede à publicação dos elementos mínimos a incluir no procedimento de ensaio e receção das instalações e dos elementos mínimos a incluir no plano de manutenção (PM) e respetiva terminologia.

Despacho (extrato) n.º 15793-H/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Estabelece as regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema.

Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Estabelece as metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária.

Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Publicação dos parâmetros térmicos para o cálculo dos valores que integram o presente despacho.

Despacho (extrato) n.º 15793-L/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Procede à publicação da metodologia de apuramento da viabilidade económica da utilização ou adopção de determinada medida de eficiência energética, prevista no âmbito de um plano de racionalização energética.

Portaria n.º 64/2009. D.R. n.º 15, Série I de 2009-01-22

Estabelece o regime de credenciação de entidades pela ANPC para a emissão de pareceres, realização de vistorias e de inspeções das condições de segurança contra incêndios em edifícios (SCIE).

3.3. Tipos de sistemas de climatização

“De forma a caracterizar os sistemas, existem diferentes formas de os agrupar: tendo em atenção a área servida pelo sistema, tendo em atenção o tipo de fluído térmico utilizado, ou tendo em atenção os riscos para a segurança dos ocupantes” (Roriz, 2007)

Deste modo, podem ser definidos os seguintes grupos de sistemas de climatização de edifícios:

- Sistemas Tudo Ar;
- Sistemas Tudo Água;
- Sistemas Água-Ar;
- Sistemas de Expansão Direta;
- Sistemas Híbridos;

Tabela 3.1 – Resumo dos equipamentos mais comuns referente ao respetivo sistema

SISTEMAS	EXEMPLOS DOS EQUIPAMENTOS MAIS COMUNS
Tudo Ar	<ul style="list-style-type: none"> • UTA; • Roof-top; • Ventiladores; • Cortinas de ar; • Recuperadores de calor;
Tudo Água	<ul style="list-style-type: none"> • Caldeira; • Radiadores; • Toalheiros;
Água-Ar	<ul style="list-style-type: none"> • Bomba de calor e Chiller; • Ventilconvectores;
Expansão direta	<ul style="list-style-type: none"> • Mono-split; • Multi-split; • VRF (Variable Refrigerant Flow); • Close Control;

Os sistemas híbridos que como o nome indica propõem uma mistura entre uma solução de expansão direta e uma solução a água. O conceito prende-se com a utilização de fluido frigorígeno até um permutador de fluido frigorígeno/água e após isso o sistema é como se fosse um sistema a água. Com isto conseguimos o melhor de dois mundos, visto que usamos a expansão direta, com a sua simplicidade e rapidez de montagem, além de preço, com o melhor dos sistemas a água. Ao termos unidades terminais a água, a temperatura não será tão baixa na bateria (em caso de arrefecimento) não fazendo tanta desumidificação e consequente “secagem do ar”.

3.4. Equipamentos de AVAC mais usuais

3.4.1. Unidades de Tratamento de Ar (UTAs)

As unidades de tratamento de ar como o próprio nome indica destinam-se a tratar o ar, impulsionando o ar para os espaços a climatizar, de modo a cumprir tanto os requisitos ao nível da qualidade do ar como de temperatura. As unidades de tratamento de ar são atualmente e na maioria dos casos, unidades modulares, isto é, para o mesmo caudal de ar a tratar poderemos ter mais ou menos módulos consoante as condições ambientais exteriores e de qualidade do ar requerida. Os módulos que normalmente todas as unidades de tratamento de ar possuem é o módulo de ventilação, módulos de filtragem (aqui podemos ter pré-filtros e filtros terminais) e baterias (podem ser a água ou de expansão direta). Tratando-se de uma unidade de ar novo (UTAN), o ar introduzido no edifício tem origem 100% no exterior. Se por sua vez for apenas uma UTA, teremos um módulo adicional, designado comercialmente de módulo de mistura que não é mais que uma caixa de 3 vias com vários registos motorizados e que consoante os inputs recebidos e o set-point pré-estabelecido faz a mistura do ar de impulsão com o ar de extração.

O controlo da temperatura por bateria de expansão direta é a solução que neste momento está a revolucionar o mercado, caso não existam redes de água fria e quente perto. Tem como vantagem ser um sistema mais compacto uma vez que reduz a valvularia aplicada para a sua instalação. Como desvantagem este sistema nem sempre funciona da melhor maneira por se tratar de uma tecnologia ainda recente e que requer que tanto o fabricante da unidade de tratamento de ar, como da unidade de expansão direta, partilhem informação dos seus equipamentos, o que comercialmente nem sempre é fácil. Da experiência que a Climacer foi adquirindo ao longo das suas obras, constatou-se que a título de exemplo, o equipamento que deve funcionar como “master” deve ser sempre a unidade de tratamento de ar e não o equipamento de expansão direta. Vejamos um caso prático: se for dada ordem de funcionamento à unidade de expansão direta primeiro, esta vai iniciar o seu funcionamento e dado o “delay” no funcionamento que normalmente há nos equipamentos, se a unidade de tratamento de ar não arrancar imediatamente com os seus ventiladores, a unidade de expansão direta irá parar por falta de caudal de ar na bateria. Outro caso curioso que acho interessante partilhar da experiência que adquiri ao longo do estágio é o caso das unidades de expansão direta perderem eficiência a baixas temperaturas, pelo que, para se garantir o correto funcionamento deste sistema, ou se aplica apenas em unidades de tratamento de ar fazendo maior recirculação de ar de extração para garantir temperaturas à entrada da bateria adequadas, ou então coloca-se uma bateria de água quente para efetuar o pré-aquecimento do ar. A temperaturas muito elevadas (acima dos 32/35°C) também teremos o mesmo problema. Em suma, a tecnologia da expansão direta em unidades de tratamento de ar, é por si só um tópico que ainda não é consensual entre todos os fabricantes, tanto quanto às soluções utilizadas, como em caso de incorreto dimensionamento, e poderá em casos mais graves levar à quebra de componentes caros (compressores).



Figura 3.1 – Unidade de tratamento de ar da marca Systemair, modelo Danvent (Hospital Pulido Valente, 2017)

3.4.2. Rooftops

As rooftops são unidades compactas utilizadas para efetuar o tratamento do ar para espaços amplos. São uma solução que também pode ser aplicada em casos idênticos aos das unidades de tratamento de ar. A sua principal vantagem é ser um pack fechado conjugando o efeito de uma UTA com o das unidades de produção de calor/frio numa só (neste caso a produção de calor/ frio é por expansão direta). É uma solução amplamente usada em espaços comerciais. Como desvantagem relativamente às unidades de tratamento de ar temos que não existe uma variedade tão grande de unidades standard com tantos níveis de filtragem e não têm a mesma flexibilidade que uma unidade de tratamento de ar que, por ser modular permite acrescentar os elementos específicos para cada projeto.



Figura 3.2 – Rooftop da marca Systemair, modelo SysAer (Leroy Merlin Leiria, 2018)

3.4.3. Ventiladores

Os ventiladores são turbomáquinas utilizadas tanto para impulsionar o ar através de uma rede aerólica (condutas) como para o extrair. Existe uma grande variedade de ventiladores e podem ser classificados quando à direção que o ar toma dentro deles, onde destacamos principalmente os axiais (também designados comercialmente de in-line por permitirem a sua colocação no alinhamento da conduta) e os centrífugos. Também podemos caracterizar os ventiladores quanto à sua resistência a altas temperaturas, onde se inserem os ventiladores de desenfumagem que suportam temperaturas superiores (normalmente 400°C/2H). Saliento aqui, como boa prática, que deve ser selecionado um interruptor de corte da mesma classe do ventilador, sob pena de o ventilador até suportar as elevadas temperaturas, mas o interruptor não.



Figura 3.3 – Ventilador de insuflação da marca Systemair, modelo MUB (Hospital Pulido Valente, 2017)

3.4.4. Cortinas de ar

São elementos que se colocam por cima de portas que dão acesso a zonas com temperaturas bastante díspares. Com estas cortinas efetuamos um corte térmico com o fluxo de ar, impedindo assim a transferência de calor entre os espaços. Uma cortina, tal como qualquer outro elemento deve ser bem dimensionado, sob pena de não fazer a sua função na plenitude.



Figura 3.4 – Cortina de ar da marca France Air, modelo Harmony Compact EVO (Clínica Médica Dentária da Esgueira, 2016)

3.4.5. Recuperadores de calor

Os recuperadores de calor têm como principal função fazer a transferência de calor do ar de exaustão para o ar de insuflação, diminuindo assim a potência térmica adicional necessária para climatizar o espaço. Os mais comuns são os recuperadores de placas que possuem uma eficiência em torno dos 50% a 60% dependendo das condições ambientais. Nestes o núcleo é geralmente construído em alumínio e o mercado designa-os de recuperadores térmicos. Existem também recuperadores em que o princípio é o mesmo, mas em vez do ar passar de forma cruzada num permutador de placas de alumínio, passa num permutador de cartão, sendo designados comercialmente de recuperadores entálpicos, uma vez que permitem a transferência tanto de calor como de humidade. A eficiência destes recuperadores vai dos 70 a 80%. Estes são os recuperadores normalmente propostos pelas marcas de expansão direta. Embora estes tenham eficiências superiores não podem ser utilizados em situações onde o ar de insuflação não possa ser misturado com o de extração. Mesmo os recuperadores com núcleo em alumínio são desaconselhados devido aos caudais de fugas que sempre existem. Em casos onde seja necessário efetuar recuperação de calor sem mistura do ar de insuflação e de extração, o adequado é aplicar o sistema “run around the coil” que consiste na aplicação de dois permutadores água/ar (um aplicado em cada conduta) e um sistema de tubagem e bomba circuladora entre eles. A eficiência deste sistema é bastante limitada.



Figura 3.5 – Recuperador de calor da marca LG, modelo LZ (Fábrica Moldaveiro, 2017)

3.4.6. Caldeiras

As caldeiras são unidades de produção de calor cuja fonte tem normalmente origem em combustíveis fósseis. Existem caldeiras a gasóleo, gás natural e GPL. Existem outros tipos de caldeiras, no entanto estas são as geralmente utilizadas na área da climatização. O desenvolvimento destas caldeiras no sentido da busca por maiores eficiências, redução de consumo e consequentemente poluição, levou ao fabrico de unidades de condensação para recuperar energia de vapor de água dos produtos de combustão e utilizá-la na caldeira para aquecimento adicional. Em caldeiras convencionais, o calor latente do vapor de água dos gases de combustão é perdido para a atmosfera. Esta tecnologia permite aumentar de forma significativa o rendimento da caldeira e assim economizar energia, contribuindo de forma determinante para uma melhor classificação energética.



Figura 3.6 – Caldeira mural da marca Viessmann, modelo Vitodens (Casa Acreditar Porto, 2015)

3.4.7. Radiadores e toalheiros

São unidades terminais de um sistema tudo água e destinam-se a trocar o calor entre a água quente e o ambiente. No caso dos toalheiros, para além de transferir para o ambiente, permitem manter as toalhas secas.

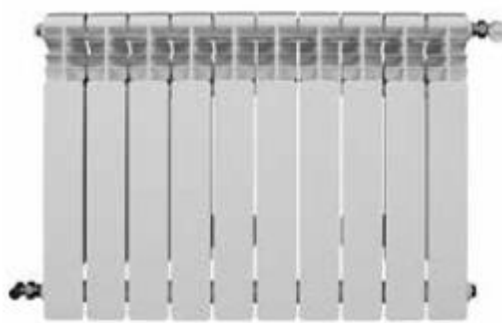


Figura 3.7 – Radiador da marca Baxi, modelo Condal (Catálogo Baxi, 2017)

3.4.8. Chillers

Dependendo do tipo de instalação e necessidades temos vários chillers com princípios de funcionamento diferentes. Os chillers podem classificar-se como chiller “só frio” a 2 tubos, chiller / bomba de calor a 2 tubos, chiller com recuperação parcial, chiller com recuperação total e chiller a 4 tubos.

Os chillers são unidades produtoras de água gelada ou aquecida (se forem versão bomba de calor). Normalmente efetuam a permuta calor do ambiente (ar) para a água, no entanto existem chillers que são unidades água/água, isto é, tanto o condensador como o evaporador fazem a permuta para a água. Os chillers também podem ser versão só frio, com recuperação parcial, permitindo assim recuperar água quente até cerca de 30% da capacidade frigorífica da unidade. Construtivamente estes chillers possuem um condensador a água em série com o condensador a ar. Se porventura tivermos um chiller de recuperação total, iremos recuperar 100% do calor produzido. Construtivamente este possui o condensador a água em paralelo com o condensador a ar e consoante as necessidades, ou é efetuada a permuta para a água ou para o ar. Para casos específicos onde existam necessidades de aquecimento e arrefecimento simultâneo existem chillers a quatro tubos que produzem água quente e arrefecida em simultâneo. A grande vantagem destes chillers está nas estações intermédias (primavera e outono) e onde existam necessidades reais de aquecimento e arrefecimento em simultâneo. Nestas situações, só iremos gastar energia para produzir água fria, uma vez que a água quente é “gratuita” dado tratar-se de uma recuperação. Nestas condições apresentadas e caso as necessidades de aquecimento e arrefecimento sejam iguais, não existirá permuta para o ar. Caso existam desequilíbrios, a diferença será transferida para o ar. O conceito deste tipo de unidades é bastante interessante, no entanto na prática devido à complexidade tanto do circuito frigorífico como do controlo, nem sempre funcionam da melhor maneira no terreno.



Figura 3.8 – Chiller só frio da marca Systemair, modelo SysCroll (Hospital Pulido Valente, 2017)

3.4.9. Ventiloconvectores

São unidades terminais de um sistema água-ar e destinam-se a trocar o calor entre a água aquecida ou arrefecida e o ambiente. O conceito é muito parecido com o dos radiadores, só que enquanto que os radiadores só são usados para aquecimento e não possuem ventiladores, os ventiloconvectores podem ser usados para aquecimento / arrefecimento e utilizam ventiladores para impulsionar o ar através da(s) bateria(s) de aquecimento/arrefecimento.

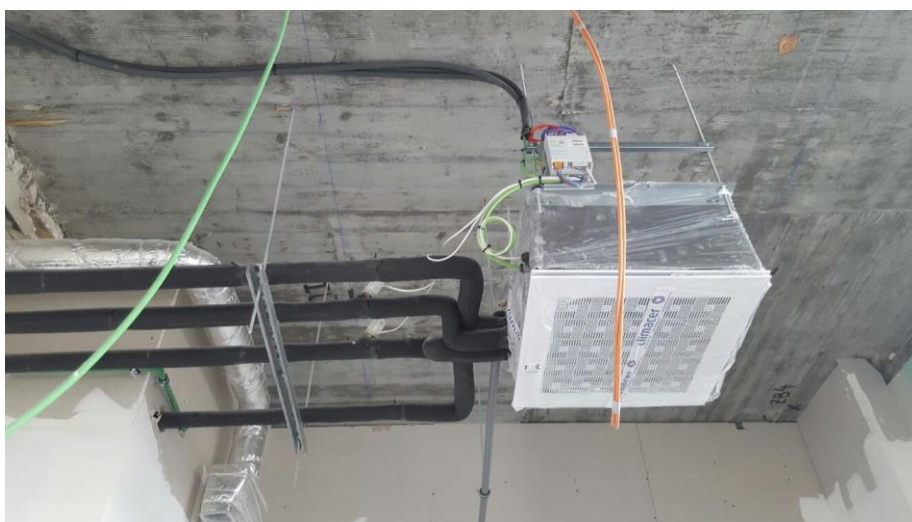


Figura 3.9 – Ventiloconvector da marca Systemair, modelo KOG (Hospital CUF Cascais, 2017)

3.4.10. Equipamentos mono-split

São unidades de expansão direta compostas por uma unidade exterior e uma unidade interior. São designadas de “split” que vem do inglês “partido, separado”. São soluções bastante interessantes que permitem fazer a climatização de um espaço apenas. As unidades interiores podem variar entre o tipo mural, de instalação em condutas, de chão, horizontal de teto, armário vertical, etc. Cada tipo de unidade interior tem a sua aplicabilidade.

3.4.11. Equipamentos multi-split

São unidades de expansão direta compostas por uma unidade exterior e várias interiores. O conceito é em tudo idêntico ao dos mono-splits no que diz respeito às unidades interiores, só variando a unidade exterior que alimenta várias interiores. Das unidades exteriores saem para cada unidade interior dois tubos (líquido e gás).

3.4.12. Equipamentos VRF

São unidades de expansão direta que devido à solução escolhida neste trabalho será abordada mais pormenorizadamente no ponto 4.5.2.

3.4.13. Close Control

São unidades de expansão direta que, para além de fazerem o controlo de temperatura, também fazem o controlo de humidade do espaço. São aplicadas em espaços específicos (por exemplo bibliotecas) ou laboratórios onde a temperatura e humidades são duas variáveis fundamentais para o processo.

4. INSTALAÇÃO ESTUDADA

4.1. Descrição do edifício

A Fundação Mata do Bussaco tenciona requalificar a antiga “Garagem” para que possa funcionar na mesma uma loja, uma cafetaria, uma sala polivalente e instalações sanitárias, sendo necessário para tal dotá-la das condições necessárias.

O edifício proposto é composto pelo piso principal com 547 m², constituído por cozinha, cafetaria, loja, instalações sanitárias, zonas técnicas e um mezanino central com 52 m² com a função de sala de leitura.

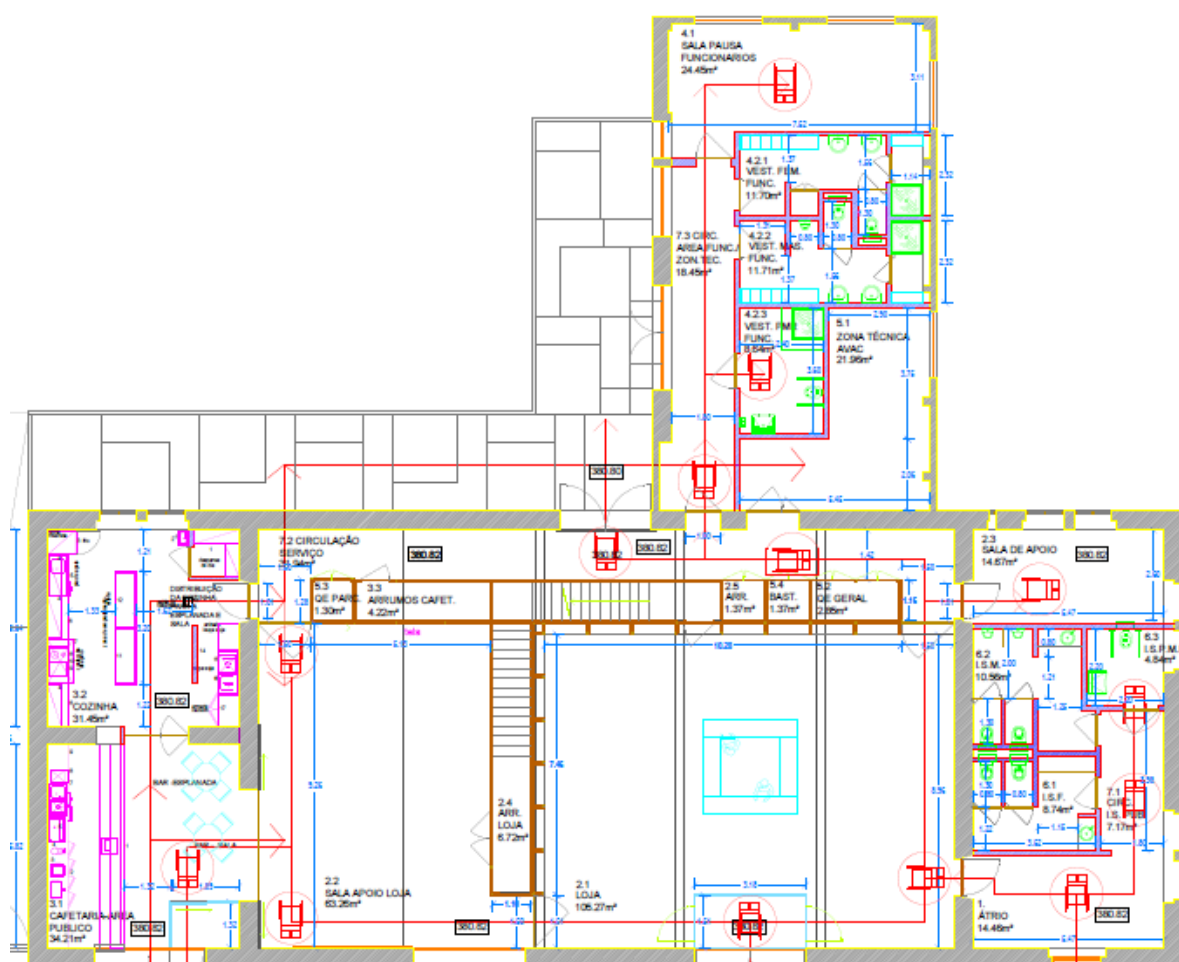


Figura 4.1 - Planta do piso 0 do edifício (AutoCAD™ 2017)

4.2. Sistema geral preconizado

Acolhendo as especificações técnicas e características existentes no projeto deste edifício, bem como as descrições apresentadas no capítulo 3 sobre “Tipos de Sistemas de Climatização”, optou-se por sistemas de climatização de expansão direta, com equipamentos terminais de climatização de ar ambiente indicados para a utilização de fluído frigorigéneo.

Para as diversas zonas do edifício, foram preconizados sistemas de expansão direta, dos tipos mono-split e VRF com unidades interiores do tipo cassette de 4 vias, unidades de conduta e unidades de chão. Estes sistemas foram dimensionados para vencerem as cargas térmicas que advém do tipo de utilização, do seu período de funcionamento e da exposição solar a que está sujeito.

A energia térmica necessária será permutada nas baterias das unidades interiores, onde chega através de um circuito de refrigeração a dois tubos (linha de líquido e linha de gás) que interliga com as unidades exteriores, dos sistemas mono-split e de VRF.

Não serão utilizadas unidades de tratamento de ar no edifício pois este é um edifício classificado pelo IGESPAR. Esta classificação não permite que seja alterado o aspeto do edifício. Colocar um equipamento como uma unidade de tratamento de ar no telhado ou no chão iria alterar a arquitetura, pois se estivesse no chão teríamos de colocar uma conduta de captação de ar a 2.5 metros do solo, como a lei exige.

Para a extração do ar interior das zonas “sujas”, como instalações sanitárias, propícias a maus odores foi previsto um sistema de ventilação mecânica independente.

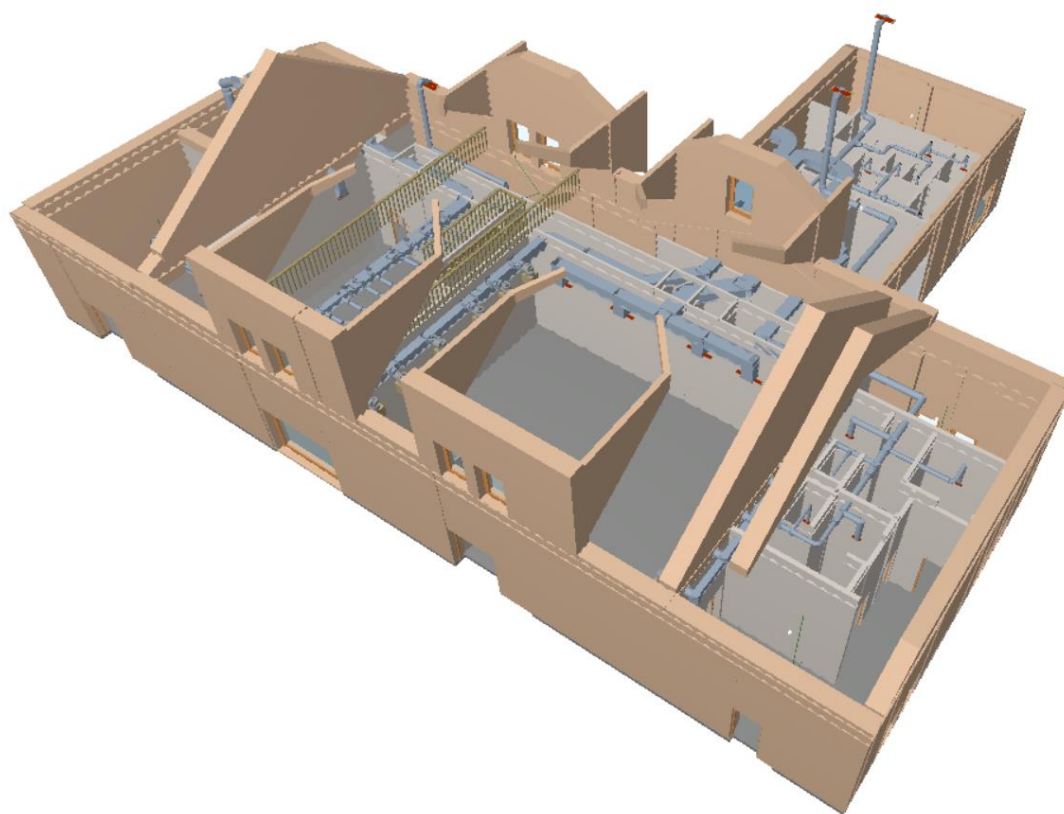


Figura 4.2 – Instalação AVAC (AutoCAD™ 2017)

4.2.1. Loja

As lojas serão climatizadas através de unidades interiores de conduta mono-split, controladas por comandos localizados em cada espaço para regulação da temperatura local.

A insuflação do ar climatizado pelas unidades de expansão direta nestes espaços será assegurada por meio de uma rede de condutas, devidamente isolada, que culmina nos seus elementos terminais, difusores circulares de alta indução.

O retorno do ar viciado destes espaços, será feito por meio de grelhas de simples deflexão e, de igual forma, através de uma rede de condutas, devidamente isolada, que encaminhará o ar de novo às unidades de expansão direta.

O fluído térmico necessário para o ciclo de refrigeração será o gás R410A. A ligação entre a unidade exterior e as unidades interiores de climatização será efetuada através de tubagem de cobre a dois tubos devidamente isolada.

4.2.2. Sala de leitura

A climatização da sala de leitura será assegurada por unidades de expansão direta do tipo VRF com as respetivas unidades interiores do tipo de chão descarroçadas para aplicação em móvel.

Em cada espaço haverá um comando local, para controlo da temperatura com as respetivas sondas de temperatura ambiente e de retorno à unidade.

4.2.3. Sala de apoio à loja

A sala de apoio à loja será climatizada através de uma unidade de expansão direta do tipo mono-split, com unidade interior de conduta, que permitirá, através de um comando local, controlar a temperatura ambiente.

A insuflação de ar climatizado neste espaço será assegurada por meio de uma rede de condutas, devidamente isolada, com unidades terminais do tipo difusores lineares. De igual forma, o retorno do ar viciado deste espaço será feito através de uma rede de condutas com os mesmos pressupostos que a rede destinada à insuflação de ar no espaço e através de elementos terminais do tipo grelhas lineares de simples deflexão.

O fluído térmico necessário para o ciclo de refrigeração será o gás R410A. A ligação entre a unidade exterior e as unidades interiores de climatização será efetuada através de tubagem de cobre a dois tubos devidamente isolada.

4.2.4. Sala de apoio

A climatização da sala de apoio será efetuada por uma unidade de expansão direta do tipo mono-split, com cassete de 4 vias. Através de um comando local, com as respetivas sondas de temperatura ambiente e de retorno, será possível controlar a temperatura ambiente do espaço.

O fluído térmico necessário para o ciclo de refrigeração será o gás R410A. A ligação entre a unidade exterior e as unidades interiores de climatização será efetuada através de tubagem de cobre a dois tubos devidamente isolada.

4.2.5. Cafeteria

A climatização da cafeteria será efetuada através de uma unidade de expansão direta do tipo mono-split, com cassete de 4 vias. O controlo da temperatura ambiente será assegurada por meio de um comando local, com sondas de temperatura do ar ambiente e de retorno.

O fluído térmico necessário para o ciclo de refrigeração será o gás R410A. A ligação entre a unidade exterior e as unidades interiores de climatização será efetuada através de tubagem de cobre a dois tubos devidamente isolada.

4.2.6. Cozinha

Na cobertura do edifício será instalado um ventilador de extração, ligado às condutas da rede aerólica através de juntas flexíveis intumescentes, dimensionado para extrair o ar viciado da zona da cozinha.

Sendo a distância mínima admissível por lei entre a admissão e a exaustão de 5 metros, foi preconizado um ventilador com uma descarga a um nível alto e de jato vertical que evitará que a pluma do escoamento seja aspirada na admissão de ar novo.

De acordo com a legislação em vigor, o ventilador preconizado terá resistência ao fogo de 400°C/2h e motor de fora do fluxo de escoamento, de duas velocidades.

A velocidade será de regulação manual de acordo com as necessidades de exaustão. A velocidade máxima projetada da unidade de extração deverá ser atingida em caso de incêndio.

4.2.7. Circulações

As zonas de circulação, de uma forma geral, não serão climatizadas. Admite-se que estas zonas sejam climatizadas por transferência de ar dos espaços climatizados adjacentes, transferência essa passível de acontecer devido às diferenças de pressão provocadas pelo funcionamento do sistema de extração de ar viciado das instalações sanitárias.

4.2.8. Instalações sanitárias

Para as instalações sanitárias será preconizado um sistema de extração completamente independente.

O ar viciado será extraído destes locais por meio dos seus elementos terminais do tipo válvulas de extração, em polipropileno com disco central regulável, ligadas à rede de condutas aerólica que por sua vez ligarão aos ventiladores dimensionados para o efeito.

Para além de outros acessórios, os ventiladores possuirão variadores de velocidade, tetos de proteção à intempérie e pressostatos diferenciais de ar, com os objetivos de verificar o funcionamento do ventilador e a colmatação de filtros.

4.3. Dimensionamento da instalação

Para analisar devidamente o projeto e efetuar o estudo das cargas térmicas, tendo em conta as condições reais tanto da utilização do edifício como do ambiente local é necessário definir os seguintes pontos antes da modelação do edifício:

- Localização da obra;
- Orientação do edifício;

- Perfil da utilização do edifício;
- Caracterização de todos os materiais construtivos do edifício;
- Edifícios próximos ou outros obstáculos;
- Dados climáticos da região;

Após consulta do REH obtivemos os seguintes dados:

Zona Climática:

- Zona Climática Inverno ----- I1
- Zona Climática Verão ----- V2

Parâmetros das condições de projeto:

- Temperatura Exterior Média Verão ----- 21°C
- Temperatura Exterior Média Inverno ----- 10,3°C
- Temperatura Interior Verão ----- $25 \pm 2^\circ\text{C}$
- Temperatura Interior Inverno ----- $20 \pm 2^\circ\text{C}$
- Amplitude Térmica Diária ----- 13°C
- N° Graus-Dias ----- 1470
- Duração da estação de aquecimento ----- 6,0 meses

Porém, o software CYPETM também dispõe de uma base de dados para os vários concelhos do país, tendo sido esses os dados utilizados.

Tabela 4.1 – Condições climatéricas no concelho da Mealhada

Localização	Mealhada
Altitude	100.0 m
Latitude (N)	40.37 graus
Longitude (E)	-8.45 graus
Temperatura seca Verão	32.00 °C
Temperatura húmida Verão	22.00 °C
Oscilação média diária	13.00 °C
Oscilação média anual	30.00 °C
Temperatura seca de Inverno	1.00 °C
Humidade relativa de Inverno	90.0 %
Temperatura mínima histórica	-10.00 °C
Temperatura mínima do terreno	6.33 °C
Temperatura não perturbada do terreno	15.10 °C
Temperatura da água fria de rede	15.00 °C
Velocidade do vento	1.00 m/s

4.4. Metodologia do cálculo térmico

Os cálculos efetuados para o dimensionamento e simulação do projeto foram executados com o software CYPE™.

O cálculo térmico foi faseado na modelação do edifício, simulação e posteriormente dimensionamento térmico.

Afim de efetuar os cálculos das dimensões das condutas de transporte de ar, quer de extração, quer de renovação/tratamento em secções retangulares ou circulares foi utilizado um método

iterativo fixando a perda de carga e limitando a velocidade de forma a não exceder as velocidades máximas recomendáveis.

Abaixo, estão destacadas as velocidades e outros parâmetros considerados para o presente projeto.

Tabela 4.2 – Parâmetros de projeto

• Perda de carga linear	(Pa/m)		1
• Velocidade máxima nos ramais secundários	(m/s)		4
• Velocidade máxima nos ramais principais	(m/s)		6
• Temperatura média do ar	(°C)		20
• Humidade relativa média do ar	(%)		50
• Relação entre altura / largura	a/b		1/3

4.4.1. Modelação do edifício

Como foi referido anteriormente, a modelação do edifício foi efetuada no software CYPETM. Os dados dos materiais de construção foram retirados do projeto de arquitetura.

A modelação do edifício processou-se nos seguintes passos:

- Atribuiu-se a categoria “Lojas e escritórios” ao edifício, por se tratar do perfil mais adequado em função dos apresentados pelo software;
- Escolheu-se a localização da obra e selecionaram-se os dados gerais bem como as condições climáticas predefinidas para o concelho da Mealhada;
- Escolheram-se os materiais constituintes das lajes, paredes interiores e paredes exteriores;
- Definiu-se a orientação do edifício, bem como os limites da propriedade.

Para melhor perceção apresenta-se nas seguintes figuras uma vista geral do ambiente de trabalho em CYPETM e uma vista 3D do edifício, no mesmo software.

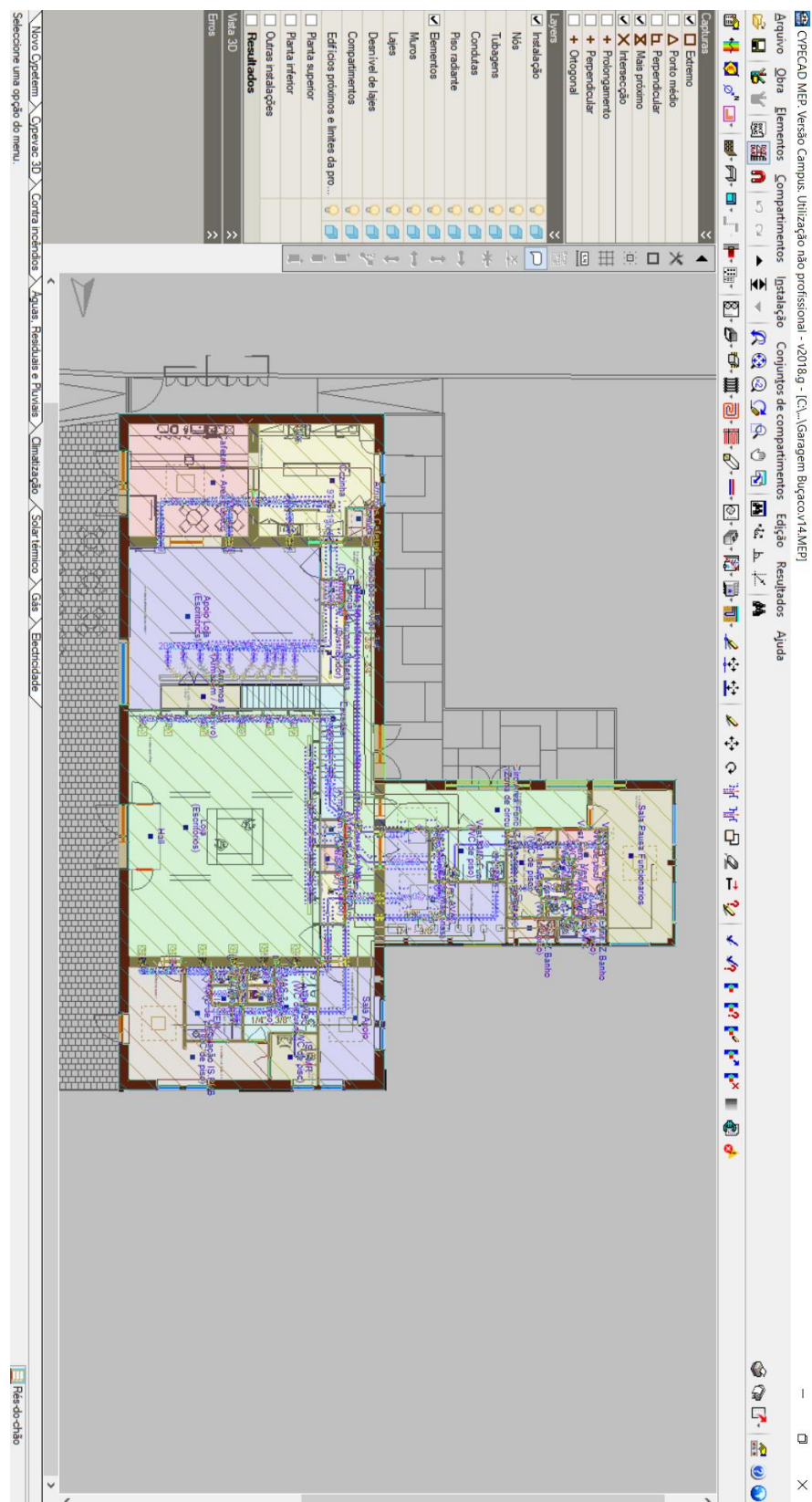


Figura 4.3 – Ambiente de trabalho CYPE (CYPE™ 2017)

Conforme descrito no ponto “4.2 Sistema Geral Preconizado”, podemos observar a constituição interior do edifício e a sua distribuição.

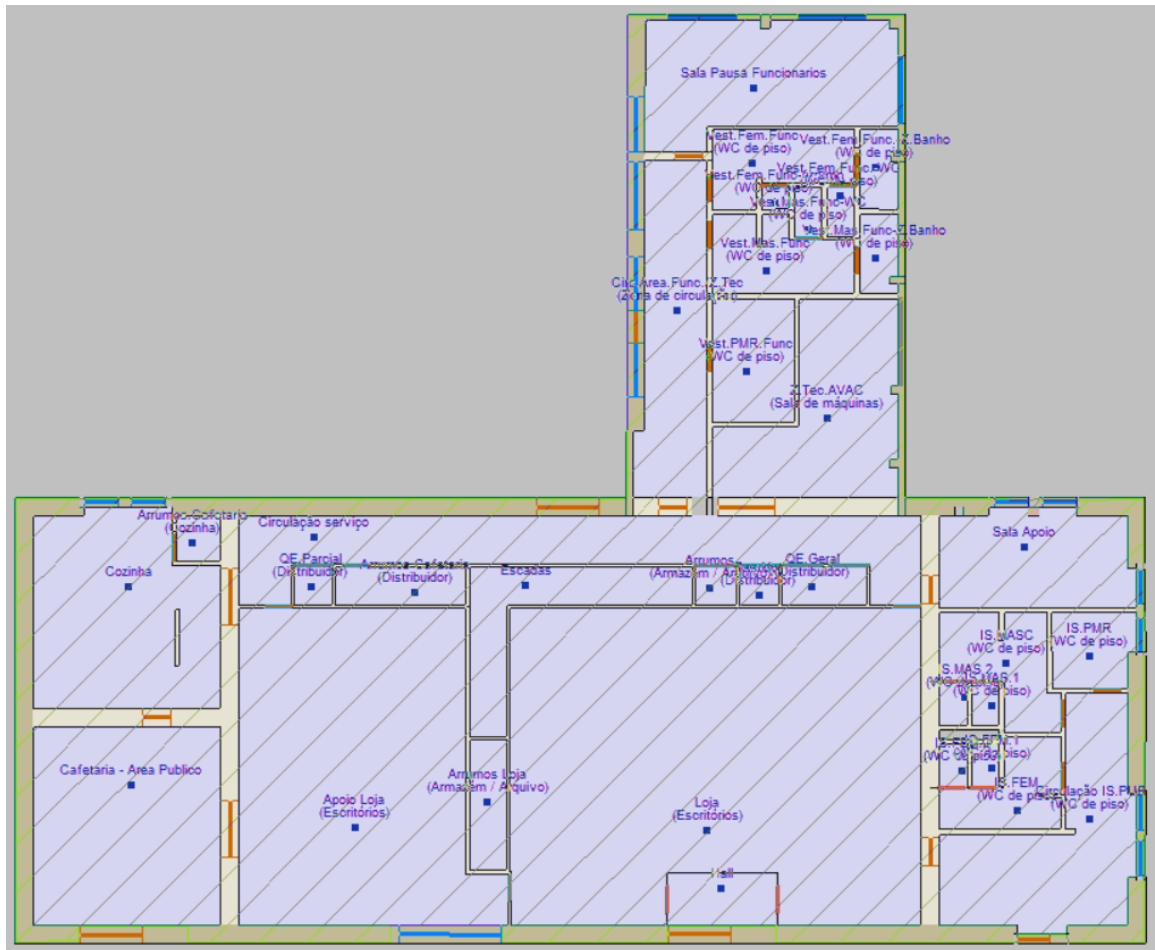


Figura 4.4 – Piso 0 (CYPE™ 2017)

A zona climatizada com o VRF é o mezanino (sala de leitura), enquanto todas as outras zonas no piso 0 são climatizadas através de mono-splits.

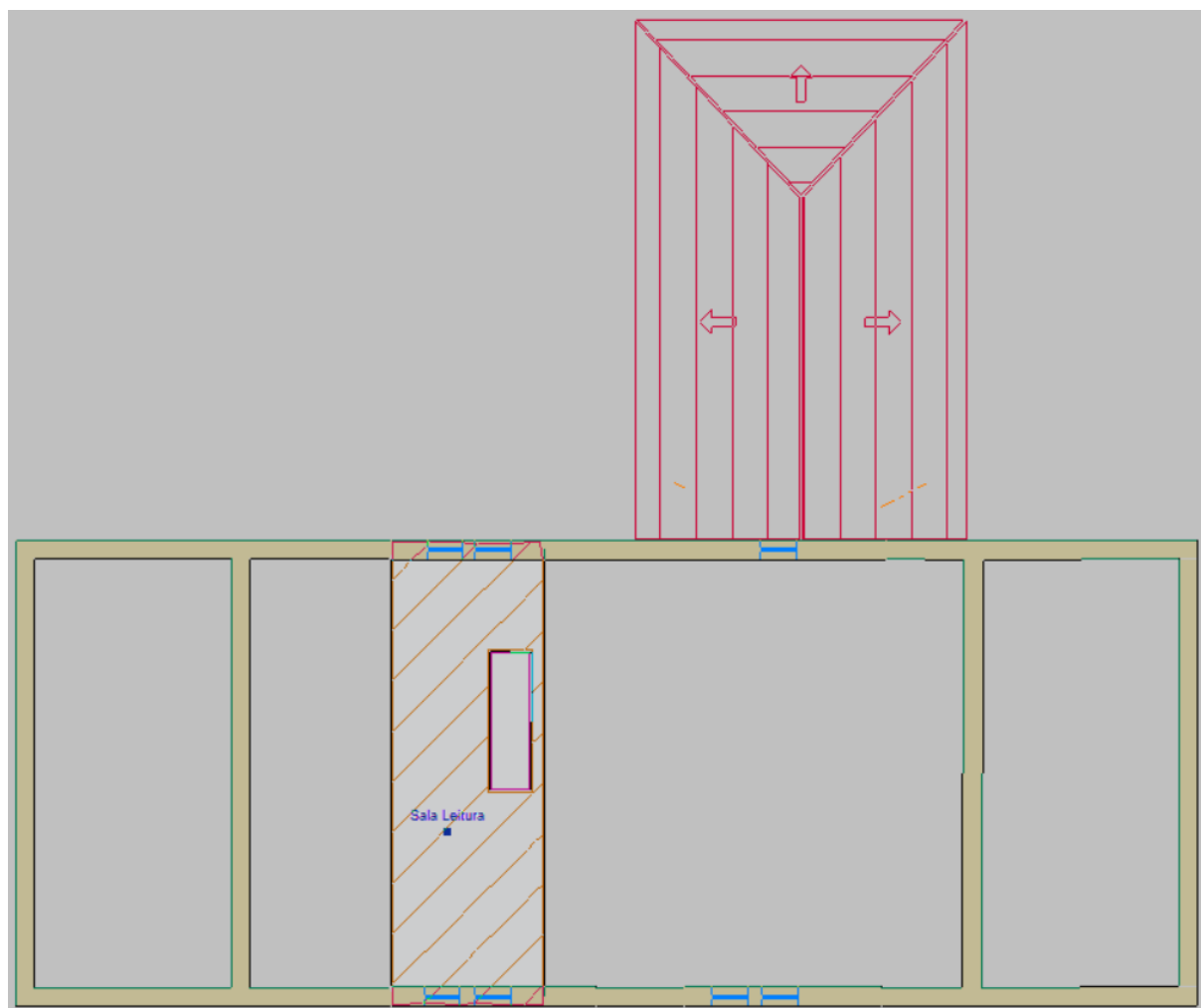


Figura 4.5 – Piso mezanino (CYPE™ 2017)

A cobertura foi o piso mais complicado de criar por termos um telhado tão complexo, com vários desníveis e cotas. Mas na opinião do aluno, apesar do trabalho dado é a parte mais graciosa do edifício, tendo valido a pena todo o trabalho desenvolvido para a recriar.

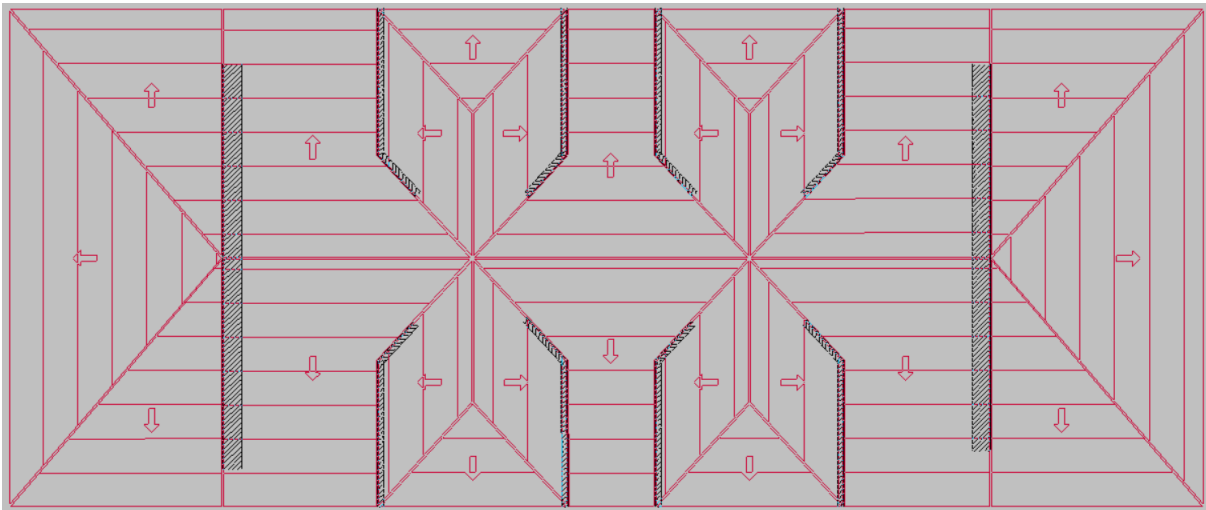


Figura 4.6 – Cobertura (CYPE™ 2017)

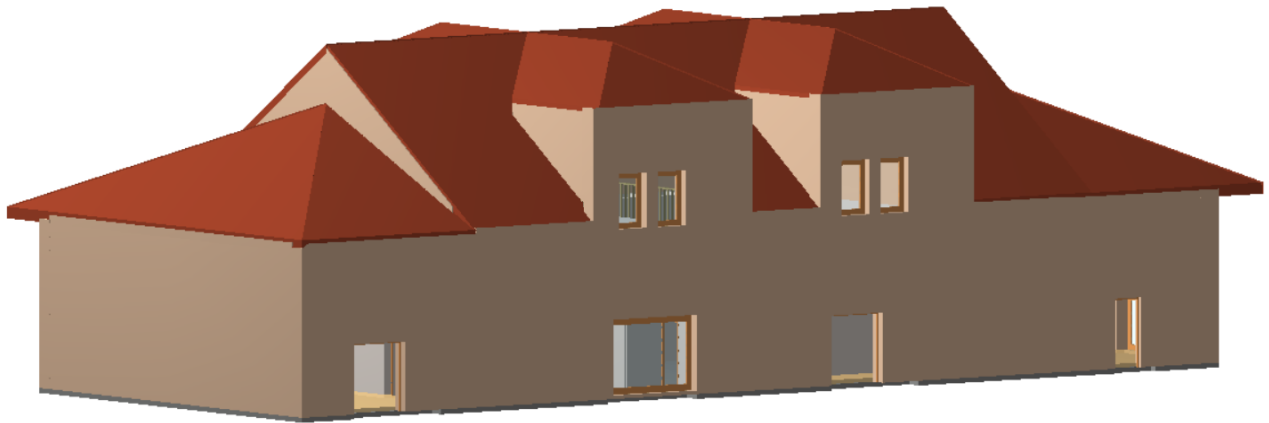


Figura 4.7 – Edifício 3D (CYPE™ 2017)

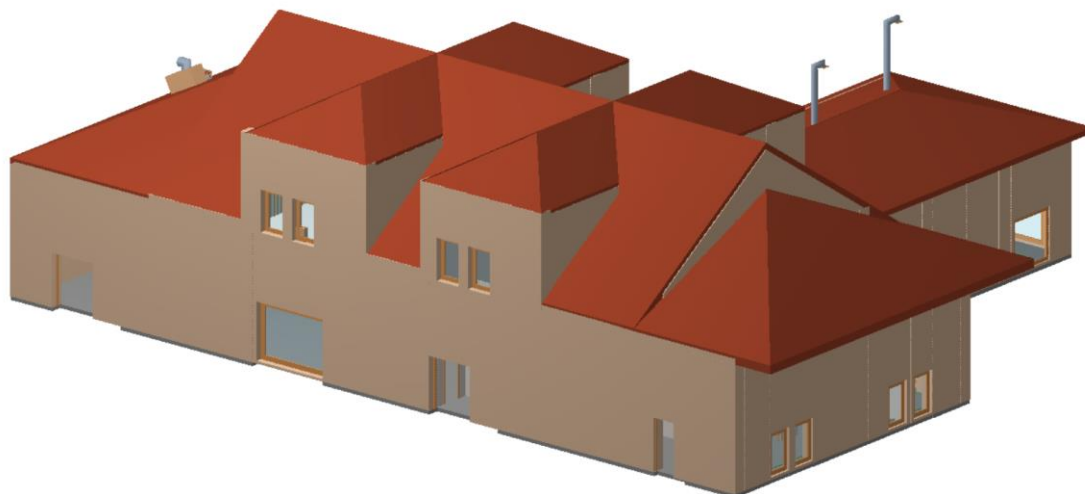


Figura 4.8 – Edifício 3D (CYPE™ 2017)



Figura 4.9 – Edifício 3D (CYPE™ 2017)

As paredes foram criadas pelo aluno, seguindo o projeto de arquitetura, não tendo recorrido à base de dados do programa, pois visto ser um edifício existente, a constituição das paredes não correspondia a nenhum dos tipos disponíveis.

Paredes Exteriores

Foram criadas várias paredes exteriores, porém a constituição é a mesma para todas, diferenciando-se apenas na espessura dos materiais.

Abaixo indicamos a constituição da parede exterior mais usada na modelação, constituída pelos seguintes materiais na ordem apresentada (do exterior para o interior).

Parede exterior de 53 cm:

- Argamassa e reboco tradicional (2 cm);
- Poliestireno expandido (EPS) (8 cm);
- Granito (41 cm);
- Placa de gesso cartonado (2 cm);
- Tinta plástica sobre paramento interior de gesso;

Espessura total da parede: 53 cm

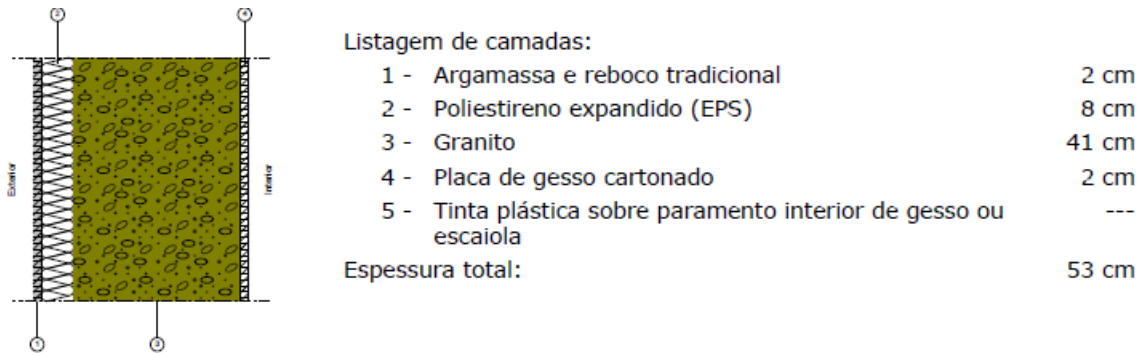


Figura 4.10 – Constituição esquemática da parede exterior 53 cm (CYPE™ 2017)

Paredes Interiores

À semelhança das paredes exteriores, nas paredes interiores também se criaram vários tipos, porém com constituições diferentes.

A seguinte parede interior é a mais usada na modelação, sendo que as restantes apenas mudam a espessura dos constituintes.

Parede interior 9 cm:

- Tinta plástica sobre paramento interior de gesso;
- Placa de gesso cartonado (1 cm);
- Tijolo cerâmico furado (7 cm);
- Placa de gesso cartonado (1 cm);
- Tinta plástica sobre paramento interior de gesso;

Espessura total da parede: 9 cm

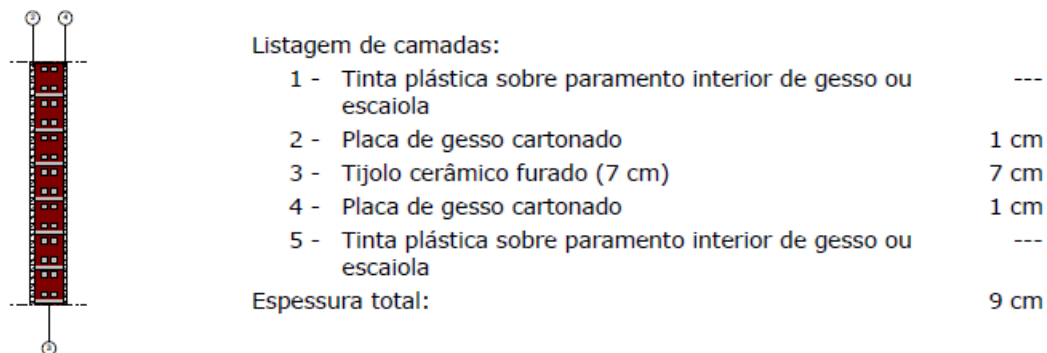


Figura 4.11 – Constituição esquemática da parede interior 9 cm (CYPE™ 2017)

O outro tipo de parede interior usada está representada na figura 4.12, sendo a constituição dos materiais segundo a ordem apresentada (do exterior para o interior):

Parede de vidro:

- Tinta plástica;
- Vidro de quartzo (3 cm);
- Tinta plástica;

Espessura total da parede: 3 cm

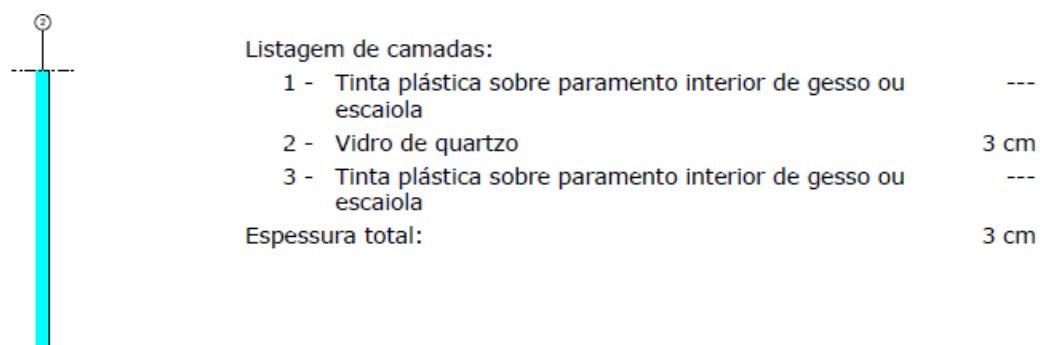



Figura 4.12 – Constituição esquemática da parede de vidro (CYPE™ 2017)

Vãos envidraçados

Os vãos envidraçados são compostos por vidro duplo, com vários tipos de caixilharia, consoante a dimensão do local e a respetiva funcionalidade.

 Caixilharia exterior e abertura envidraçada

Envidraçado

☒ **Tipo 1: Vidro duplo standard, 4/12/4**

☒ **Caixilharia**

☐ Tipo 1: Janela uma folha oscilo-batente e uma folha de batente de madeira de pinho, de 1000x1600 cm

☐ Tipo 2: Janela duas folhas de correr e dois fixos laterais de madeira de pinho, de 3000x2200 cm

☒ **Tipo 3: Janela uma folha oscilo-batente e uma folha de batente de madeira de pinho, de 2000x2000 cm**

☐ Tipo 4: Fixo de madeira de pinho, de 1600x2000 cm

Figura 4.13 – Características dos vãos envidraçados (CYPE™ 2017)

Lajes

A laje do piso 0 é caracterizada como pavimento térreo, pelo facto de estar em contacto com o terreno.

A laje foi escolhida na biblioteca do CYPE tentando aproximar-se ao máximo da realidade tendo em conta o ano de construção do edifício e tem uma espessura total de 25,52 cm sendo constituído pelos seguintes materiais na ordem apresentada.

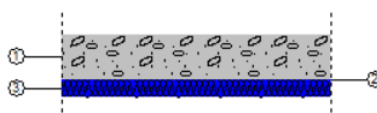
	Pavimento térreo
	1 - Massame de betão simples: 10 cm 2 - Filme de polietileno: 0.02 cm 3 - Poliestireno extrudido: 4 cm Espessura total: 14.0 cm
	Comportamento térmico
	U arrefecimento: 0.35 W/(m²·°C) (Para uma laje com comprimento característico B' = 5 m) Laje com banda de isolamento perimetral (largura 1.2 m e resistência térmica: 1.18 m²C/W)
	Pormenor de cálculo (U arrefecimento)
	Superfície da laje, A: 100.00 m² Perímetro da laje, P: 40.00 m Resistência térmica da laje, Rf: 1.22 m²C/W Resistência térmica do isolamento perimetral, Rf: 1.18 m²C/W Espessura do isolamento perimetral, dn: 4.00 cm Tipo de terreno: Areia semi-densa
	Comportamento acústico (RRAE)
	Massa superficial: 251.70 kg/m² Massa superficial do elemento base: 250.18 kg/m² Isolamento sonoro, Rw(C; Ctr): 47.4(-1; -8) dB Calculado segundo o método de previsão gráfica Nível global de pressão sonora a sons de percussão normalizado, Ln: 80.1 dB Calculado segundo o método simplificado da EN 12354

Figura 4.14 – Constituição esquemática da laje térrea (CYPE™ 2017)

Para a laje do mezanine o aluno aproximou-se ao máximo da realidade existente, sendo constituído pelos seguintes materiais na ordem apresentada.

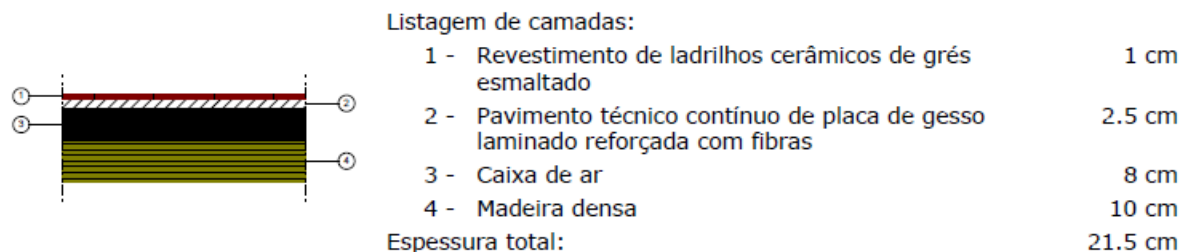


Figura 4.15 – Constituição esquemática da laje mezanine (CYPE™ 2017)

Cobertura

A cobertura foi definida como inclinada constituída por uma laje aligeirada e madeira densa como mostra a figura abaixo.

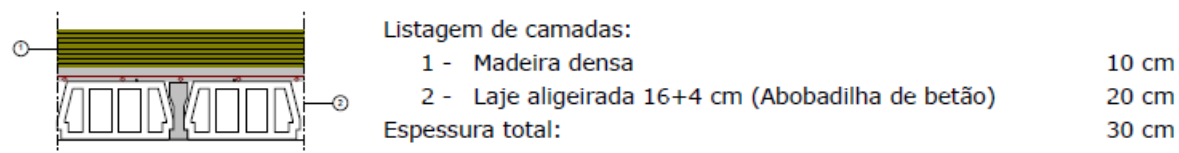


Figura 4.16 – Constituição esquemática da cobertura (CYPE™ 2017)

Na fase seguinte definiram-se todos os compartimentos consoante a sua função (cozinha, instalações sanitárias, etc.) usando os tipos e valores pré-definidos disponíveis na biblioteca do software. A título de exemplo apresentam-se, na Figura 4.17, os valores predefinidos para o compartimento “Escritório”.

Parâmetros para o estudo térmico	
Habitável	
Parâmetros para o estudo climático	
Climatizado	
Condições interiores	
Temperatura de verão:	24.00 °C
Humidade relativa de verão:	50.00 %
Temperatura de inverno:	21.00 °C
Humidade relativa de inverno:	30.00 %
Ocupação	
Superfície por pessoa:	9.00 m ² , Por pessoa
Iluminação	
Potência instalada de iluminação por superfície:	14.00 W/m ²
Instalações	
Potência sensível:	16.00 W/m ²
Ventilação	
Categoria da qualidade do ar interior:	IDA 2 Ar de boa qualidade

Figura 4.17 – Parâmetros pré-definidos para o estudo térmico e climático de um escritório

(CYPETM 2017)

Na Figura 4.18 apresentamos, como exemplo, as opções de compartimentação para “Compartimentos de utilização administrativa”.

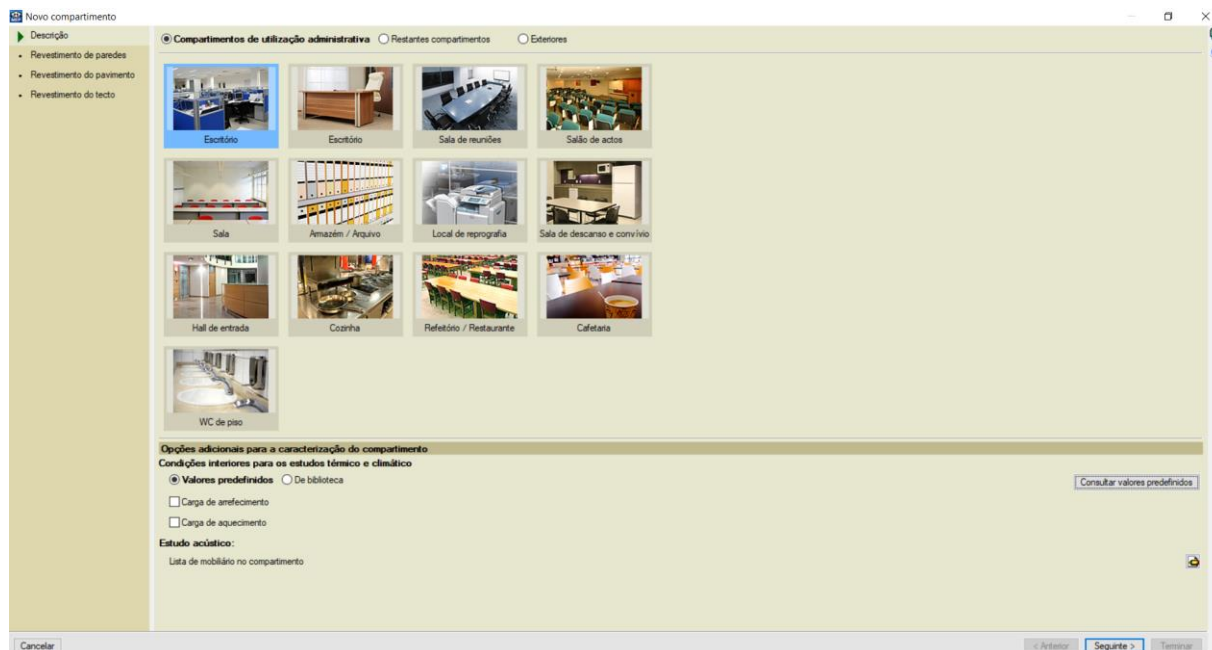


Figura 4.18 – Novo compartimento de “Compartimentos de utilização administrativa”

(CYPETM 2017)

O dimensionamento do sistema de climatização depende de muitas variáveis, algumas das quais nem sempre são conhecidas ou exatas, como a taxa de ocupação, iluminação ou cargas térmicas externas para a correta caracterização do projeto. Para isso recorreremos às condições climáticas e projeto de arquitetura (geometria, princípios construtivos e materiais utilizados).

Mesmo sendo fiel ao projeto, por vezes tivemos necessidades de optar por soluções aproximadas e não exatamente iguais ao projeto original.

Na tabela 4.3 e 4.4 mostra-nos um resumo do resultado do cálculo das cargas térmicas de arrefecimento e aquecimento do edifício gerado pelo software CYPE.

Tabela 4.3 – Cargas térmicas de arrefecimento (CYPE™ 2017)

Arrefecimento

Conjunto: Rés-do-chão - Apoio Loja													
Recinto	Planta	Subtotais			Carga interna		Ventilação			Potência térmica			
		Estrutural (W)	Sensível interior (W)	Total interior (W)	Sensível (W)	Total (W)	Caudal (m³/h)	Sensível (W)	Carga total (W)	Por superfície (W/m²)	Sensível (W)	Máxima simultânea (W)	Máxima (W)
Apoio Loja	Rés-do-chão	725.50	1571.73	2148.57	2366.14	2942.99	28.80	64.11	141.89	48.64	2430.25	3084.88	3084.88
Total							28.8	Carga total simultânea			3084.9		

Conjunto: Rés-do-chão - Cafeteria - Área Publico													
Recinto	Planta	Subtotais			Carga interna		Ventilação			Potência térmica			
		Estrutural (W)	Sensível interior (W)	Total interior (W)	Sensível (W)	Total (W)	Caudal (m³/h)	Sensível (W)	Carga total (W)	Por superfície (W/m²)	Sensível (W)	Máxima simultânea (W)	Máxima (W)
Cafeteria - Área Publico	Rés-do-chão	126.37	2756.71	3873.19	2969.57	4086.05	0.00	0.00	0.00	128.37	2969.57	4086.05	4086.05
Total							0.0	Carga total simultânea			4086.1		

Conjunto: Rés-do-chão - Loja													
Recinto	Planta	Subtotais			Carga interna		Ventilação			Potência térmica			
		Estrutural (W)	Sensível interior (W)	Total interior (W)	Sensível (W)	Total (W)	Caudal (m³/h)	Sensível (W)	Carga total (W)	Por superfície (W/m²)	Sensível (W)	Máxima simultânea (W)	Máxima (W)
Loja	Rés-do-chão	1024.09	2534.39	3399.66	3665.23	4530.50	28.80	64.11	141.89	44.02	3729.34	4672.39	4672.39
Total							28.8	Carga total simultânea			4672.4		

Conjunto: Rés-do-chão - Sala Apoio													
Recinto	Planta	Subtotais			Carga interna		Ventilação			Potência térmica			
		Estrutural (W)	Sensível interior (W)	Total interior (W)	Sensível (W)	Total (W)	Caudal (m³/h)	Sensível (W)	Carga total (W)	Por superfície (W/m²)	Sensível (W)	Máxima simultânea (W)	Máxima (W)
Sala Apoio	Rés-do-chão	302.21	299.89	420.84	620.16	741.11	0.00	0.00	0.00	47.22	620.16	741.11	741.11
Total							0.0	Carga total simultânea			741.1		

Conjunto: Rés-do-chão - Sala Pausa Funcionarios													
Recinto	Planta	Subtotais			Carga interna		Ventilação			Potência térmica			
		Estrutural (W)	Sensível interior (W)	Total interior (W)	Sensível (W)	Total (W)	Caudal (m³/h)	Sensível (W)	Carga total (W)	Por superfície (W/m²)	Sensível (W)	Máxima simultânea (W)	Máxima (W)
Sala Pausa Funcionarios	Rés-do-chão	796.48	476.11	545.89	1310.77	1380.55	0.00	0.00	0.00	57.08	1310.77	1380.55	1380.55
Total							0.0	Carga total simultânea			1380.5		

Conjunto: Mezanine - Sala Leitura													
Recinto	Planta	Subtotais			Carga interna		Ventilação			Potência térmica			
		Estrutural (W)	Sensível interior (W)	Total interior (W)	Sensível (W)	Total (W)	Caudal (m³/h)	Sensível (W)	Carga total (W)	Por superfície (W/m²)	Sensível (W)	Máxima simultânea (W)	Máxima (W)
Sala Leitura	Mezanine	898.54	4313.43	6057.93	5368.33	7112.83	0.00	0.00	0.00	142.28	5368.33	7112.83	7112.83
Total							0.0	Carga total simultânea			7112.8		

por uma versão educativa de CYPE

Tabela 4.4 – Cargas térmicas de aquecimento (CYPE™ 2017)

Aquecimento

Conjunto: Rés-do-chão - Apoio Loja							
Recinto	Planta	Carga interna sensível (W)	Ventilação		Potência		
			Caudal (m³/h)	Carga total (W)	Por superfície (W/m²)	Máxima simultânea (W)	Máxima (W)
Apoio Loja	Rés-do-chão	2843.94	28.80	187.19	47.79	3031.13	3031.13
Total			28.8	Carga total simultânea		3031.1	

Conjunto: Rés-do-chão - Cafeteria - Area Publico							
Recinto	Planta	Carga interna sensível (W)	Ventilação		Potência		
			Caudal (m³/h)	Carga total (W)	Por superfície (W/m²)	Máxima simultânea (W)	Máxima (W)
Cafeteria - Area Publico	Rés-do-chão	903.25	0.00	0.00	28.38	903.25	903.25
Total			0.0	Carga total simultânea		903.3	

Conjunto: Rés-do-chão - Loja							
Recinto	Planta	Carga interna sensível (W)	Ventilação		Potência		
			Caudal (m³/h)	Carga total (W)	Por superfície (W/m²)	Máxima simultânea (W)	Máxima (W)
Loja	Rés-do-chão	3901.23	28.80	187.19	38.52	4088.42	4088.42
Total			28.8	Carga total simultânea		4088.4	

Conjunto: Rés-do-chão - Sala Apoio							
Recinto	Planta	Carga interna sensível (W)	Ventilação		Potência		
			Caudal (m³/h)	Carga total (W)	Por superfície (W/m²)	Máxima simultânea (W)	Máxima (W)
Sala Apoio	Rés-do-chão	1264.90	0.00	0.00	80.59	1264.90	1264.90
Total			0.0	Carga total simultânea		1264.9	

Conjunto: Rés-do-chão - Sala Pausa Funcionarios							
Recinto	Planta	Carga interna sensível (W)	Ventilação		Potência		
			Caudal (m³/h)	Carga total (W)	Por superfície (W/m²)	Máxima simultânea (W)	Máxima (W)
Sala Pausa Funcionarios	Rés-do-chão	2704.53	0.00	0.00	111.81	2704.53	2704.53
Total			0.0	Carga total simultânea		2704.5	

Conjunto: Mezanine - Sala Leitura							
Recinto	Planta	Carga interna sensível (W)	Ventilação		Potência		
			Caudal (m³/h)	Carga total (W)	Por superfície (W/m²)	Máxima simultânea (W)	Máxima (W)
Sala Leitura	Mezanine	2599.94	0.00	0.00	52.01	2599.94	2599.94
Total			0.0	Carga total simultânea		2599.9	

Para calcular a eficiência do edifício, usámos o módulo Cypeterm, que após o cálculo da instalação, compilou os dados em vários documentos, sendo o principal o “Desempenho Energético” que é composto por:

- Requisitos energéticos;
- Descrição de elementos;
- Envidraçados;
- Climatização e AQS;

- Energia renovável;
- Ventilação;
- Classificação energética;
- Emissão de CO₂

O edifício, de acordo com o cálculo efetuado no software através dos dados introduzidos, tem uma classificação energética de B- como pode ser visto na Figura 4.19. Considerando que estamos a estudar um edifício existente, é uma classificação aceitável e válida.

1.7.- Classificação energética

$R = 0.82$

Produzido por uma versão educativa de CYPE



Classe energética	$R = N_{tc} / N_t$
A+	$R \leq 0.25$
A	$0.26 \leq R \leq 0.5$
B	$0.51 \leq R \leq 0.75$
B-	$0.76 \leq R \leq 1.00$
C	$1.01 \leq R \leq 1.50$
D	$1.51 \leq R \leq 2.00$
E	$2.01 \leq R \leq 2.50$
F	$R \geq 2.51$

Figura 4.19 – Classificação energética

4.5. Seleção dos equipamentos

4.5.1. Equipamentos mono-split

O equipamento de climatização do tipo mono-split é um equipamento de ar condicionado simples, que como o próprio nome indica é dividido em duas unidades sendo que a unidade

evaporadora fica no ambiente interno e a condensadora no ambiente externo quando o sistema está em modo de arrefecimento. Quando o sistema está em modo de aquecimento, os permutadores invertem a sua função ficando a unidade exterior o evaporador e a unidade interior como condensador.

A unidade exterior é composta pelo compressor, permutador e ventilador, válvula de quatro vias, válvula de expansão, placas eletrônicas de comando e controlo entre outras, enquanto a unidade interior é constituída pelo permutador, ventilador, filtros e placa de controlo da unidade interior. Esta comunica com as placas da unidade exterior através de um cabo que não necessita de ser blindado uma vez que a informação é transmitida por impulsos de tensão e não por variações de frequência.

No presente projeto foram seleccionados splits do tipo cassette e conduta.



Figura 4.20 - Unidade interior de cassette de 4 vias



Figura 4.21 – Unidade interior de conduta

4.5.2. Sistema VRF

O sistema de climatização VRF (Variable Refrigerant Flow) é um sistema de expansão direta que, de uma forma menos precisa, é muitas vezes designado de VRV (Variable Refrigerante Volume), sendo que, na realidade, o volume de fluido frigorigéneo é constante e o que varia efetivamente é o seu caudal em função das necessidades de cada unidade interior.

O sistema VRF caracteriza-se por ser um sistema de expansão direta constituído por uma unidade exterior (ou um conjunto de unidades exteriores interligadas entre si a funcionar como uma só) e várias unidades interiores, independentemente da tipologia da mesma. Entre as unidades existe uma rede frigorífica constituída por tubos de cobre. Este tipo de sistemas ainda pode ser dividido em sistemas a dois tubos (sistema mais usual) e sistemas a três tubos (ou com recuperação, permitem fazer aquecimento e arrefecimento em unidades interiores distintas ao mesmo tempo).

A constante necessidade em obter sistemas cada vez mais eficientes do ponto de vista energético tem levado atualmente a indústria a optar por utilizar todos os compressores com variação de velocidade (compressores inverter). A variação da velocidade é feita pela variação de frequência da corrente que alimenta o compressor.

A grande diferença entre este sistema e um sistema multi-split (que também é de expansão direta e permite várias unidades interiores para uma só unidade exterior) está na arquitetura do sistema, uma vez que num sistema multi-split cada unidade interior está ligada diretamente à unidade exterior (por dois tubos), enquanto que no sistema VRF há uma linha principal e depois é feita a picagem para cada unidade interior através de derivadores. Outra diferença importante entre os sistemas VRF e multi-split é que estes últimos não permitem a utilização de 3 tubos para o arrefecimento e aquecimento simultâneo. Para além disso os sistemas VRF permitem maior número de unidades interiores e comprimentos de tubagem maiores. De forma a haver um controlo mais apertado do funcionamento de cada unidade interior no sistema VRF, cada uma destas unidades é dotada de uma válvula de expansão eletrónica. A aplicação deste tipo de solução não é unânime entre os projetistas (há os que defendem que um sistema a água proporciona um melhor conforto térmico, por não desidratar tanto o ar), no entanto a solução tem como grande benefício a facilidade e rapidez de instalação, melhores performances energéticas e reduz os problemas de manutenção a uma única marca.

As unidades interiores utilizadas num sistema VRF podem ser do mesmo tipo que no sistema split, mas não as mesmas pois as unidades interiores VRF têm válvula de expansão.

Neste projeto foram selecionadas unidades interiores de chão.

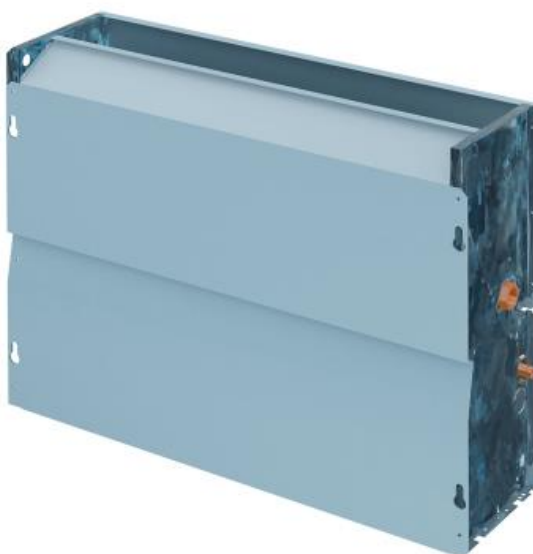


Figura 4.22 – Unidade interior de chão envolvente



Figura 4.23 – Unidade interior de chão com envolvente

4.6. Limitações

O sistema VRF apenas foi proposto pelo facto de os sistemas split não permitirem comprimentos de tubagem de cobre tão grandes, porém seria possível usar este sistema no edifício todo.

Uma grande limitação, imposta pelo IGESPAR, faz com que não seja possível utilizar UTAs para climatização / tratamento do ar.

4.7. Propostas de melhoria

Este capítulo prevê melhorias que o autor deste relatório considera uma maior-valia, não tendo qualquer intenção de menosprezar ou denegrir o projeto.

Sabemos que um projeto de instalações mecânicas AVAC é tão bom quanto maior for o orçamento disponibilizado para o projetista.

Fazendo uma análise de custos de equipamentos, o sistema VRF seria um sistema com equipamentos mais dispendiosos, desde a unidade exterior às unidades interiores.

Contudo, se utilizássemos o sistema VRF no edifício inteiro também traria benefícios / redução de custos a prazo considerando o seguinte:

- Seria possível reduzir o custo de mão de obra na tubagem de cobre pois apesar de em certos ramais a dimensão ser maior, a quantidade de metros de tubagem na obra seria consideravelmente menor.
- Aplicávamos apenas uma máquina exterior, o que causaria um impacto menor na estética do edifício.
- Economia de energia.

Pode haver uma grande limitação em usar o sistema VRF para o edifício inteiro, que passa pela capacidade mínima do VRF ao trabalhar em carga parcial. Se se instalasse um sistema VRF no edifício inteiro, para garantir que a unidade exterior atingisse a percentagem de carga parcial necessária para o seu funcionamento, seria necessário ligar um certo número de unidades interiores, podendo ter de se ligar uma unidade interior desnecessariamente.

No caso deste projeto, o modelo VRF escolhido tem uma capacidade parcial mínima de 45% e uma capacidade máxima de 130%, conforme indicado no catálogo técnico da marca.

Para contornar esse problema seria necessário colocar duas unidades exteriores de VRF e ligar as unidades interiores às exteriores estrategicamente, consoante os espaços.

O fato de não ser admitida a utilização de UTAs, condição instituída pelo IGESPAR, conduz à necessidade de encontrar alternativas para a renovação do ar.

Para colmatar esse ponto, o projeto está direcionado para que haja uma renovação de ar natural. Esse ar novo que entra pelas janelas e pelas portas, não é previamente climatizado, o que irá fazer depender exclusivamente das unidades interiores a satisfação das necessidades térmicas do edifício.

A melhor forma de melhorarmos a eficiência do edifício garantindo a renovação do ar passaria pelas seguintes melhorias:

- Controlar a permeabilidade da envolvente do edifício a infiltrações, nomeadamente na porta da loja para o exterior, criando um pequeno hall envidraçado com cortinas de ar a fim de criar uma barreira para o ar exterior da rua não entrar e o ar climatizado do edifício não sair.

- Prever um sistema de ventilação de elevada eficiência, com caixas de filtragem, que garanta a renovação mecânica do ar desejada, para interligar à rede de condutas com as unidades interiores.
- Em alternativa aos ventiladores e filtros poderíamos aplicar um o recuperador de calor, que faria a permuta de calor do ar existente no edifício com o ar novo a captar do exterior, intercalado na rede de condutas, reduzindo assim as necessidades térmicas a compensar pelas máquinas de expansão direta.

No entanto, atendendo ao facto do local do edifício ter um clima relativamente ameno ao longo do ano e à dificuldade em garantir uma elevada estanquidade da envolvente do edifício é de prever que o recuperador não seja economicamente viável. Para analisar a influência do recuperador e a cortina de ar fez-se uma simulação no *software* CYPE incluindo um recuperador de calor e uma cortina de ar para determinar as cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento. Conforme podemos observar nas Tabelas 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8 as melhorias são muito pequenas não afigurando viável a instalação do recuperador de calor e da cortina de ar. Nas cargas térmicas de arrefecimento obtivemos uma melhoria de 2,43%, enquanto nas cargas térmicas de aquecimento obtivemos uma melhoria de 2.78%. Apresentados os valores confirmamos que a opção da instalação do recuperador de calor e cortina de ar não é uma opção viável.

Tabela 4.5 – Resumo das cargas térmicas de arrefecimento sem recuperador de calor

(CYPETM 2017)

Arrefecimento		
Conjunto	Potência por superfície (W/m²)	Potência total (W)
Rés-do-chão - Apoio Loja	48.7	3084.9
Rés-do-chão - Cafetaria - Area Publico	128.5	4086.1
Rés-do-chão - Loja	44.0	4672.4
Rés-do-chão - Sala Apoio	47.2	741.1
Rés-do-chão - Sala Pausa Funcionarios	57.0	1380.5
Mezanine - Sala Leitura	142.3	7112.8

Tabela 4.6 – Resumo das cargas térmicas de aquecimento sem recuperador de calor (CYPE™
2017)

Aquecimento		
Conjunto	Potência por superfície (W/m²)	Potência total (W)
Rés-do-chão - Apoio Loja	47.8	3031.1
Rés-do-chão - Cafeteria - Area Publico	28.4	903.3
Rés-do-chão - Loja	38.5	4088.4
Rés-do-chão - Sala Apoio	80.6	1264.9
Rés-do-chão - Sala Pausa Funcionarios	111.8	2704.5
Mezanine - Sala Leitura	52.0	2599.9

Tabela 4.7 – Resumo das cargas térmicas de arrefecimento com recuperador de calor
(CYPE™ 2017)

Arrefecimento		
Conjunto	Potência por superfície (W/m²)	Potência total (W)
Rés-do-chão - Apoio Loja	47.9	3039.2
Rés-do-chão - Cafeteria - Area Publico	124.0	3941.8
Rés-do-chão - Loja	43.7	4640.3
Rés-do-chão - Sala Apoio	46.7	733.1
Rés-do-chão - Sala Pausa Funcionarios	55.7	1346.8
Mezanine - Sala Leitura	137.5	6875.7

Tabela 4.8 – Resumo das cargas térmicas de aquecimento com recuperador de calor (CYPE™
2017)

Aquecimento		
Conjunto	Potência por superfície (W/m²)	Potência total (W)
Rés-do-chão - Apoio Loja	45.6	2893.5
Rés-do-chão - Cafeteria - Area Publico	28.4	903.3
Rés-do-chão - Loja	37.6	3994.8
Rés-do-chão - Sala Apoio	79.0	1239.5
Rés-do-chão - Sala Pausa Funcionarios	107.4	2599.2
Mezanine - Sala Leitura	51.3	2567.1

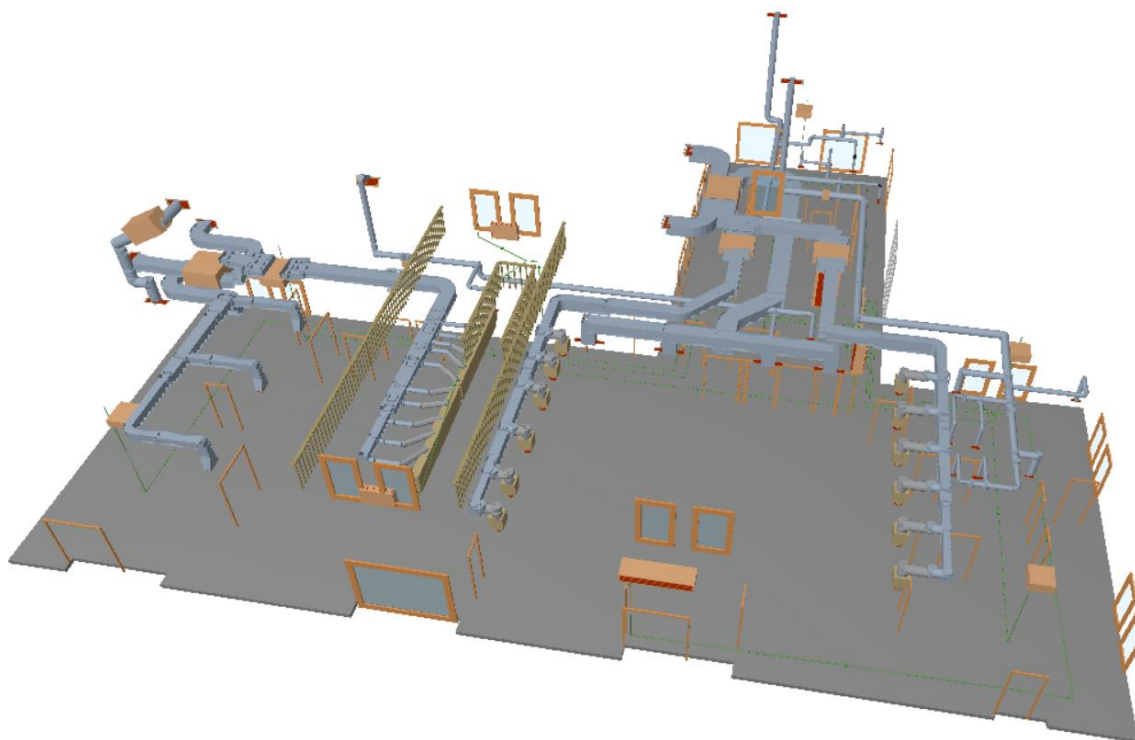


Figura 4.24 – Instalação AVAC com recuperador de calor e cortina de ar (CYPE™ 2017)

5. OUTRAS TAREFAS REALIZADAS

5.1. Orçamentação

Orçar na linguagem náutica significa coloca a vela a favor do vento para que a embarcação atinja o seu objetivo. É dessa forma que os orçamentos fazem com que as empresas se direcionem para atingir os seus objetivos.

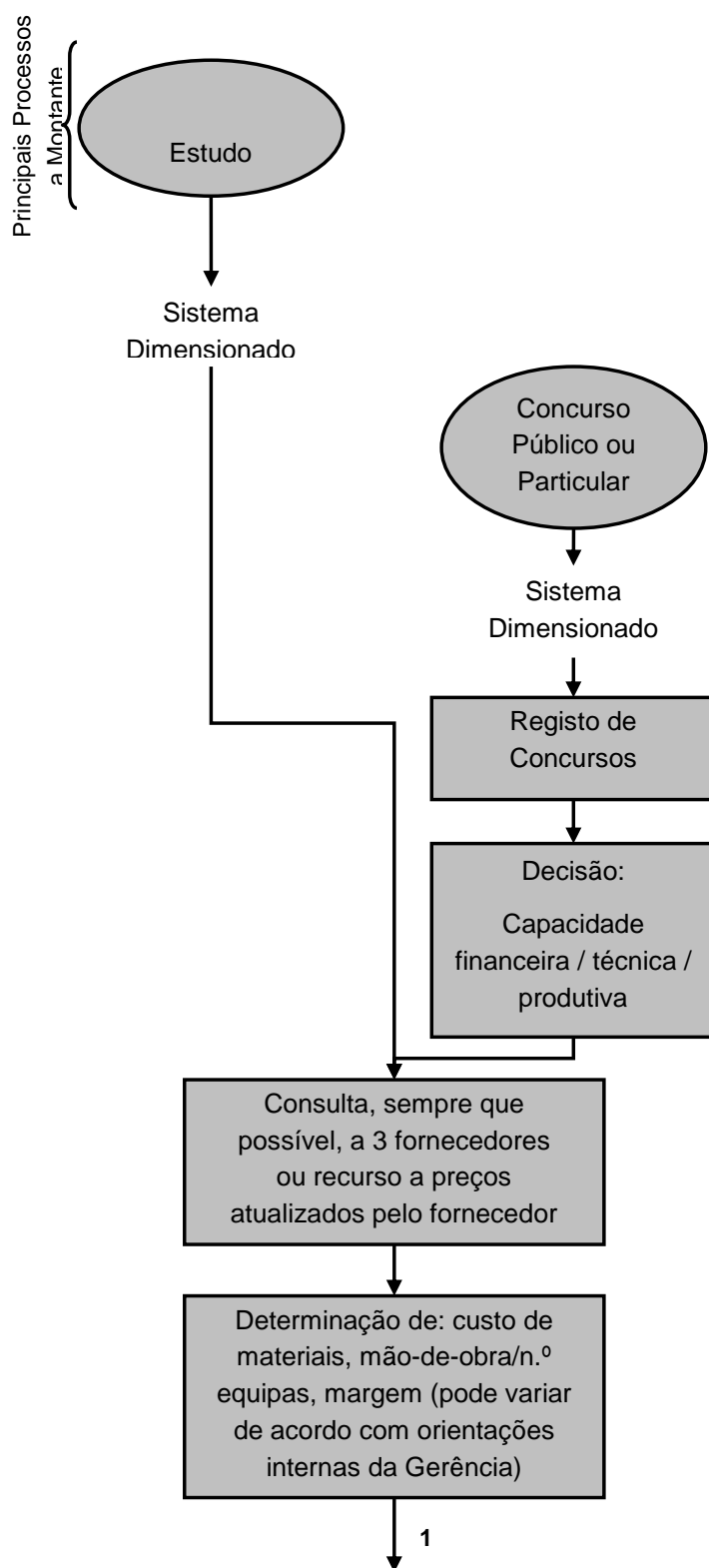
O departamento de orçamentação de uma empresa é de extrema importância pois é o primeiro departamento a estabelecer um contacto comercial com o cliente. É responsável pela obtenção de novas obras para a empresa conseguindo, previamente, identificar o valor global da empreitada, colabora ainda no estudo de viabilidade, tanto em termos de custos como de prazos de execução.

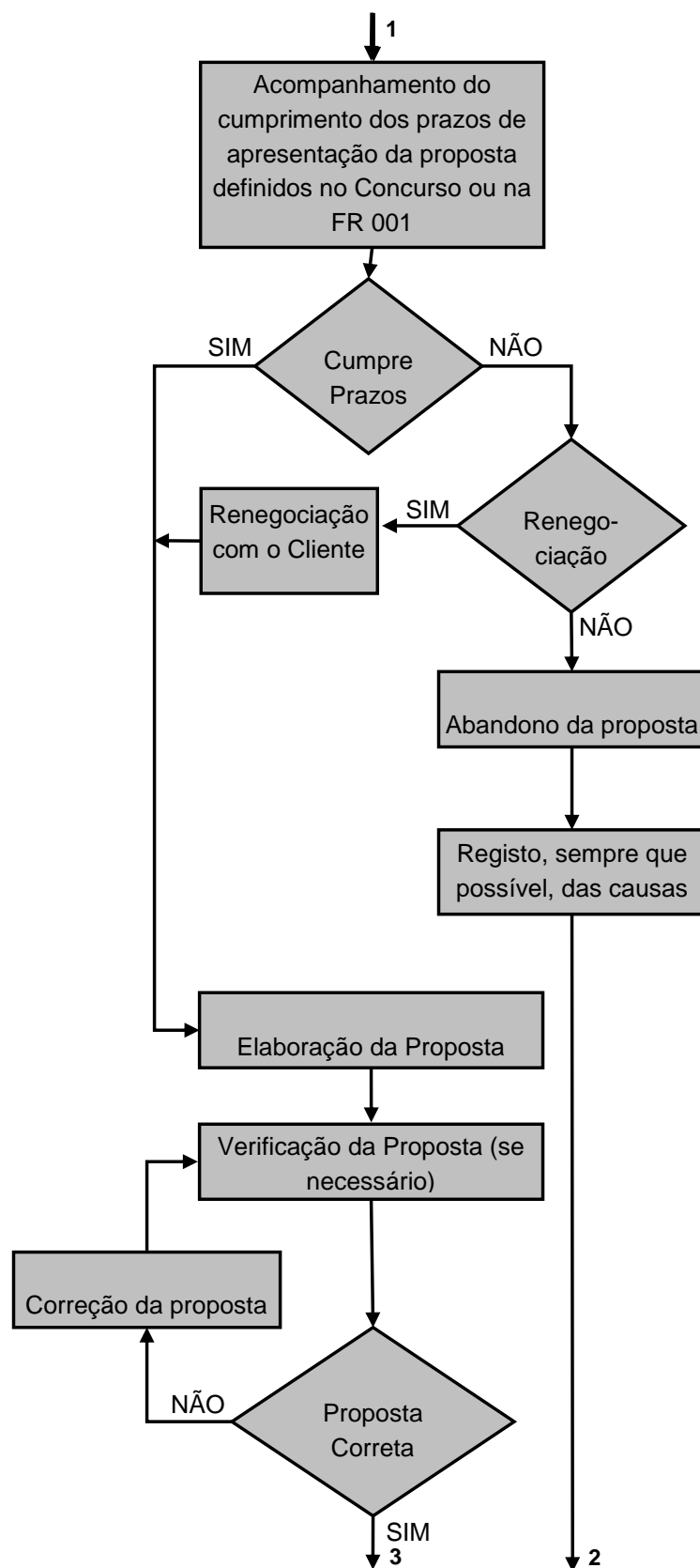
Apesar do objetivo deste departamento ser efetuar um estudo rigoroso de cada projeto que recebe, dadas as contingências que todas empresas estão a sofrer nos dias de hoje, nem sempre esse estudo é efetuado com a profundidade que se desejava, o que pode implicar um certo risco apenas minorado com a grande entajada dos vários membros da equipa. Desta forma não se pode dizer que este processo é um simples “dar preço”.

O orçamentista deve exibir um espírito crítico em relação aos valores obtidos procurando obter um preço correto para ambos os intervenientes. Podemos afirmar que os principais objetivos de um processo de orçamentação são:

- Determinação do valor a apresentar para a execução dos trabalhos previstos, tornando-se o orçamento num guia financeiro no processo de compras, onde cada compra tem um preço base de negociação.
- Concretizar as compras e pedidos de material com antecedência, com base nas quantidades orçamentadas ou medições. Compras efetuadas atempadamente geram lucro.
- Eficiência na reorçamentação da obra, caso seja necessário, assim como controlo dos rendimentos e custos (equipamentos, mão de obra, materiais, subempreitada, etc.).

No fluxograma da Figura 5.1 podemos ver o processo de orçamentação praticado atualmente pela Climacer e as etapas que ele atravessa até à sua aprovação.





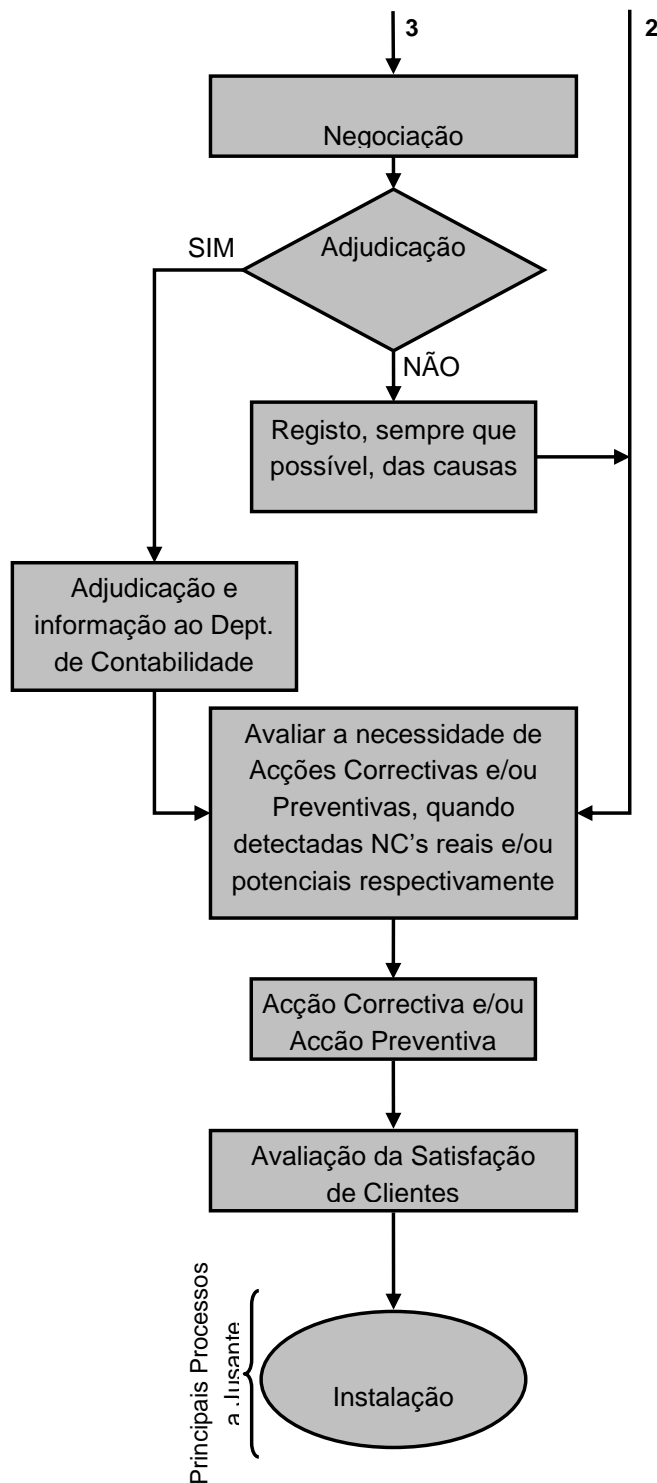


Figura 5.1 – Procedimento de Qualidade de Orçamentação Climacer

O trabalho de orçamentação foi desenvolvido durante todo o estágio, onde foram elaborados inúmeros orçamentos, uns mais complexos que outros. Estes orçamentos tiveram um grande impacto na percepção do aluno dos vários tipos de equipamentos e sistemas, além de permitir adquirir uma vertente comercial sempre necessária a um engenheiro nos dias de hoje, pois como

um professor disse uma vez numa aula “dimensionar um equipamento qualquer um faz, pois basta entrar com fatores de segurança elevados, agora dimensionar e ser comercialmente viável é que é difícil!”.

5.2. Direção de obra

A direção de obra é uma função de extrema complexidade dado envolver um elevado número de recursos, desde pessoas a bens indispensáveis para a execução da empreitada, que se enquadra a jusante das fases de projeto e orçamentação.

Porém a sua gestão é fundamental para se conseguir atingir os objetivos estipulados na fase de orçamentação, tanto a nível técnico, económico, como de cumprimento do prazo disponível para a concretização da obra.

O organograma da Figura 5.2 apresenta a hierarquia numa obra relativamente à tomada de decisões, não invalidando a troca de ideias complementar entre os vários intervenientes. Os técnicos, devido à sua experiência e ao facto de estar na obra diariamente a deparar-se com dificuldades, têm uma opinião à qual o diretor de obra deve dar importância.

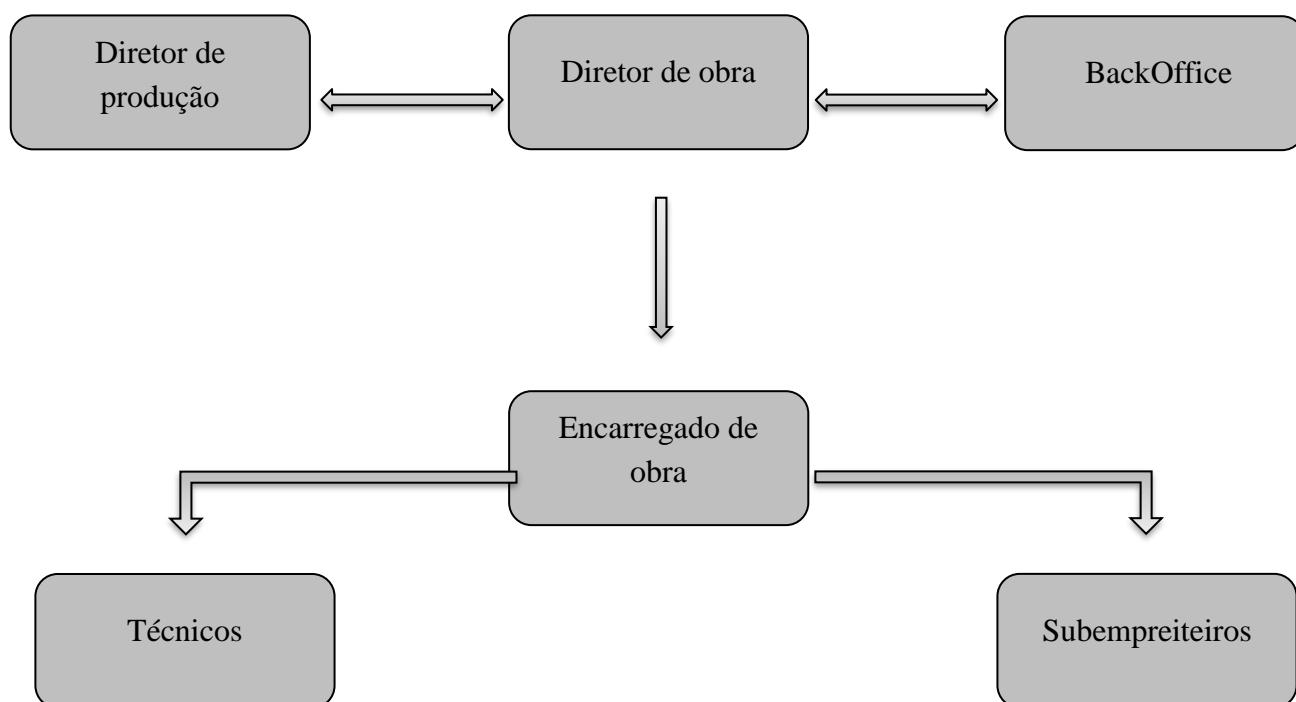


Figura 5.2 – Organograma da hierarquia numa obra

Após a adjudicação da empreitada, surge um novo desafio para o diretor de obra. É muito provável que o diretor de obra não seja a mesma pessoa que esteve envolvida no processo de orçamentação, destarte é imprescindível voltar a estudar o processo de maneira exaustiva para verificar se existem incoerências entre especialidades. As especialidades que, por norma, podem entrar em conflito são AVAC e estruturas, com problemas entre condutas e vigas sobrepostas ou atravessamento de lajes e entre AVAC e eletricidade especialmente na disposição dos elementos terminais, como grelhas e difusores, com as luminárias.

O principal objetivo a atingir em obra é uma execução com qualidade ao menor custo possível, respeitando sempre os pressupostos. Para uma boa produtividade devemos gerir fatores como a qualidade, prazos, custos, resíduos, saúde, cuidados ambientais e segurança.

Para uma boa gestão de obra tem de existir um bom diretor da mesma, capaz de orientar corretamente e ter uma boa relação com os técnicos, pois para além de bons conhecimentos técnicos, intuição, humildade e interpretação direta e precisa, o diretor de obra não pode simplesmente dar ordens, deve instituir e organizar.

A direção de obra é um processo de “campo”, que é imprescindível para solucionar os problemas que vão aparecendo no decorrer dos trabalhos, evitando gastos adicionais. Por vezes é necessário agendar reuniões com os diretores de obra das outras especialidades afim de solucionar incompatibilidades e harmonizar trabalhos.

É na fase de preparação de obra que se analisa a viabilidade de propor a instalação de equipamentos de marcas alternativas aos propostos no caderno de encargos com a elaboração de PAP (Pedidos de aprovação de material). Com base na documentação técnica de equipamentos e materiais, a entidade fiscalizadora aprova ou não a solução apresentada.

Aquando da negociação dos equipamentos das marcas aprovadas é necessário estarem definidos os prazos de entrega dos equipamentos para um correto planeamento. Nos casos em que os prazos de entrega não cumprem com as necessidades de planeamento da obra será necessário encontrar alternativas.

Em obras de grande dimensão e/ou complexidade é requerido pela fiscalização preparações de obra. As preparações de obra são processos importantes que assentam na reestruturação do projeto AVAC, quando e onde necessário pois por vezes aparecem incompatibilidades com outras especialidades o que torna o projeto não viável para execução. Estas preparações são um guia para os técnicos executarem em obra pois será a execução real que vai ser efetuada.

Quando as preparações são aprovadas, de forma a garantir a organização, segurança e otimização dos trabalhos e o tempo dos técnicos em obra, estipula-se a data de entrada em obra.

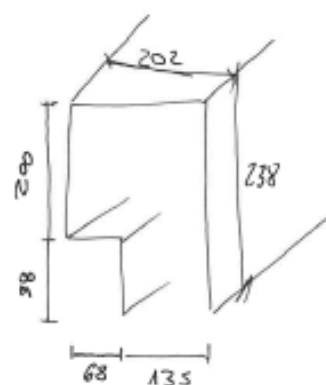
Quando toda a documentação é aprovada e a preparação de obra concluída, estão reunidas as condições de inícios de trabalhos.

Em instalações de AVAC os principais trabalhos a executar são os traçados aerólicos, os traçados hidráulicos e a montagem de equipamentos, juntamente com todos os acessórios

necessários ao seu correto funcionamento. No entanto, há vários pormenores técnicos que têm de ser definidos como marcação de maciços para assentamento dos equipamentos na zona técnica, desenhos de plenos da difusão para produção, o lado das ligações dos equipamentos, entre muitos outros aparecem no decorrer da obra.



Figura 5.3 – Chiller assente no maciço (Hospital Pulido Valente, 2017)

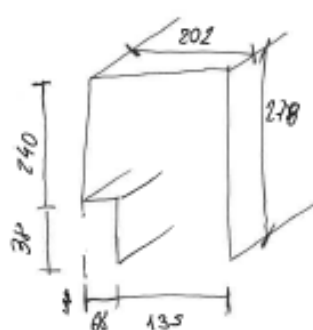


1 Pleno c/ 4800mm

8 ILR $\phi 160$.

EXT

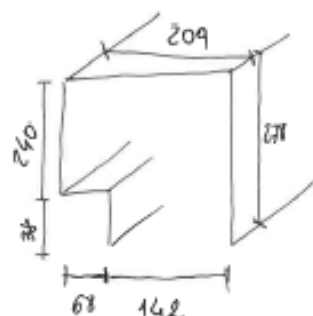
GRA



1 Pleno c/ 4600mm

4 ILR $\phi 200$

DL2 INS.



1 Pleno c/ 4000mm

4 ILR $\phi 200$

DL1 INS.

Figura 5.4 – Esboços de plenos para a produção (Lacoste, 2017)

Na montagem das condutas do traçado aerólico é importante zelar pela higiene logo na montagem, devendo-se tamponar os ramais inacabados para que não entre sujidade para o seu interior.



Figura 5.5 – Traçado aerólico devidamente tamponado (IKEA Loures, 2017)



Figura 5.6 – Traçado aerólico devidamente tamponado (Hospital Pulido Valente, 2017)

As fotos das Figuras 5.5 e 5.6 demonstram a prática da boa arte, porém não nos podemos esquecer que quando o material já está em obra, mas ainda não está montado, também tem de ser tamponado, garantindo que a conduta não esteja com sujidade logo na montagem (Figura 5.7).



Figura 5.7 – Acessórios de conduta devidamente tamponado (EFAPEL, 2017)

O traçado hidráulico é um trabalho bastante demorado devido ao material que normalmente é utilizado e aos inúmeros acessórios, incluindo toda uma panóplia de válvulas necessárias ao correto funcionamento da instalação como válvulas de seccionamento, retenção, regulação de caudal dinâmicas e estáticas, filtros, manómetros, termómetros, etc...

Quando a instalação está terminada é necessário fazer ensaios, que variam com a complexidade da obra e a exigência do dono de obra.

Dependendo da instalação temos vários ensaios possíveis. No que concerne à difusão de ar, medimos os caudais de ar a sair pelo terminal e a sua temperatura, assim como na conduta de transporte de ar e tubagem hidráulica, a sua estanquidade, nos equipamentos a medição de consumos eléctricos, rotação, em suma, os parâmetros de funcionamento.

O ensaio de estanquidade nas condutas é feito com o auxílio de um ventilador e uma unidade de leitura composta por um sensor/ transmissor de velocidade, caudal e temperatura, com sonda de fio quente, um sensor/ transmissor de baixa pressão diferencial e o registrador portátil.



Figura 5.8 – Unidade de leitura de estanquidade



Figura 5.9 – Ventilador axial equipado com variador de velocidade

A rede de condutas selecionada para o ensaio, escolhida aleatoriamente pela fiscalização, é tamponada nas extremidades e plenos. A sonda de fio quente conectada a um medidor de caudal é colocada no início da conduta, junto ao ventilador. Na extremidade mais afastada, afim de registar a pressão do ar existente é colocada uma tomada de ar através de um medidor de pressão.

Para o resultado do ensaio ser satisfatório as perdas devem ser inferiores a $1.5l/s.m^2$ de conduta, quando sujeitas a uma pressão de 400Pa, conforme indica no despacho n.º 15793-G/2013 na alínea c) do nº4 do capítulo 1.

Os ensaios acima mencionados são realizados no decorrer da obra, antes da construção civil finalizar os tetos. Porém há mais ensaios a serem realizados no final da obra como abaixo se descreve:

- Medição de caudais de água e ar em cada terminal do sistema;
- Medições de temperatura e humidade relativa nos circuitos de ar em cada divisão climatizada;
- Medição de consumos elétricos de cada equipamento;
- Verificação do sentido de rotação de todos os motores;
- Verificação do desempenho e eficiência de todos os equipamentos instalados;
- Verificação das diferenças de temperatura entre a ida e retorno do primário e secundário das centrais de produção de água arrefecida e aquecida;
- Verificação da sequência de arranque e paragem dos diversos equipamentos;
- Verificação do correto funcionamento dos registos corta fogo e registos de regulação de caudal;
- Verificação do correto funcionamento e desempenho dos sistemas de ventilação;
- Parametrização de temperaturas, caudais e pressões de funcionamento;
- Verificação dos pontos de interligação com a Gestão Técnica Centralizada ao nível da informação, monitorização e atuação;
- Verificação das proteções elétricas dos equipamentos;

A compilação desta informação é feita e anexada ao processo da obra a entregar ao Dono de Obra.

No final da verificação de todos os pontos anteriormente mencionados, é conveniente chamar à presença o Dono de Obra e a Fiscalização afim de comprovarem a correta execução dos ensaios e o correto funcionamento da instalação.

Estando todas as etapas previamente referidas concluídas com sucesso, estão reunidas as condições para se proceder à receção provisória da obra, que se faz acompanhar de um processo com as seguintes informações:

- Desenhos finais (“telas finais”);
- Lista de materiais e fornecedores;
- Plano de manutenção preventiva adaptado aos equipamentos instalados;
- Registo dos ensaios realizados pela empresa instaladora;
- Manuais de operação e manutenção de todos os equipamentos instalados;
- Declaração / Termo de Responsabilidade pela execução da empreitada;

Aquando da entrega do processo de telas finais é realizada uma formação aos utilizadores responsáveis que irão lidar com os equipamentos instalados, afim de instruí-los para que estejam aptos a operar quando necessário.

Terminado o período de garantia, contado a partir da data da receção provisória da obra, a obra é entregue ao dono de obra, rececionando de forma definitiva, caso não haja depreciação da qualidade das instalações.

Na fase final do estágio, após já ter acompanhado e observado o desempenho dos colegas na direção de obra foi-me dada a oportunidade de dar apoio a algumas direções de obra, das quais se destacam as seguintes:

- IKEA Loures;
- CUF Cascais;
- CUF Almada;
- CUF São João da Madeira;
- Loja Lacoste – Palácio do gelo;
- Clinica Artlaser;
- Hospital Pulido Valente – Central de esterilização;
- EFAPEL – Edifício de armazém e serviços;
- Restaurante Green Coimbra Shopping;
- CUF Santarém – Unidade cuidados intermédios;

Das obras referenciadas destacam-se as obras “CUF Santarém – Unidade cuidados intermédios”, “Green CoimbraShopping” e “Loja Lacoste – Palácio do Gelo” pois foram as que me exigiram uma participação mais ativa, fazendo direção de obra.

Devido à inexperiência fui supervisionado / aconselhado no decorrer da obra em decisões técnicas e vários conselhos para ter uma boa relação com os técnicos pelo meu superior hierárquico, diretor de produção.

6. CONCLUSÃO

Após finalizado o estágio curricular, conclui-se que os objetivos propostos inicialmente foram alcançados com sucesso, permitindo a aplicação prática dos conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do Mestrado em Engenharia Mecânica, tendo conseguido passar pelas três fases inicialmente previstas (projeto, orçamentação e direção de obra).

Desde a primeira fase do estágio até ao seu término, através da elaboração de inúmeros orçamentos, com várias complexidades, foram adquiridos conhecimentos fundamentais que estiveram na base do sucesso das restantes fases (projeto e direção de obra), ficando com as noções de tempos de instalação, custo dos materiais e equipamentos e mesmo de requisitos necessários para o bom funcionamento da instalação.

A passagem pela fase de projeto concedeu ao aluno a oportunidade para aprender dimensionar sistemas de redes de condutas, splits, VRFs e desenhar em AutoCAD e até em MEP, sempre sob a orientação do projetista da empresa, que auxiliou sempre que necessário.

Foi na direção de obra que a aprendizagem técnica foi superior, contudo, não seria possível sem a passagem pelas fases anteriores. O nível de necessidade de conhecimento, trabalho e pressão escalaram nesta fase, pois no decorrer das obras foi necessário solucionar problemas que iam aparecendo, com a maior brevidade possível, tomando decisões importantes, aplicando os conhecimentos teórico-práticos.

As três fases são um ciclo de melhoria constante, pois a direção de obra ajudou a melhorar a sensibilidade do aluno para o processo de orçamentação, tanto de custos em fase de obra, como na verificação dos tempos de instalação previstos na orçamentação e permitiu uma melhor idealização dos sistemas em fase de projeto.

Terminou-se esta etapa com a clareza de que a área de AVAC é bastante extensa e com bastante importância não só no conforto térmico, como também no controlo da qualidade do ar interior.

Conclui-se este trabalho com a certeza de que esta foi a melhor opção para terminar o mestrado, pois só assim se pôde ter o devido contacto com a realidade que permite uma melhor perceção do mercado de trabalho, seguindo as regras da boa arte.

7. BIBLIOGRAFIA

- Barbosa, M. (2015). *Climatização da Igreja e Torre dos Clérigos – Acompanhamento e Direcção de Obra*. Tese Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, ISEC.
- Nery, L. (2013). *Projecto, planeamento e acompanhamento de obra em AVAC*. Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, ISEC.
- Roriz, L. (2011). *Climatização, conceção instalação e condução de sistemas*, 2ª edição, Edições Orion, Portugal 2007.
- Monteiro, V. (2015). *Refrigeração I – Técnicas e Competências Ambientais*. Lisboa: ETEP.
- Lamberts, R (2016). *Conforto e stress térmico*. Departamento de Engenharia Civil, UFSC.
- CYPE Ingenieros (2007). *Instalações do edifício (Projecto Térmico) – Manual do Utilizador*.
- CYPE Ingenieros (2011). *Cypeterm – Manual do Utilizador Exemplos Práticos*.
- Systemair (2016). *Catálogo geral Systemair 2016/2017*.
- Systemair (2016). *Catálogo Split e VRF*.
- Adene (2017). <http://www.adene.pt/> Adene (página internet oficial). Portugal.
- Systemair (2017). <https://www.systemair.com/pt-PT/Portugal/> Systemair (página internet oficial). Portugal
- Webarcondicionado (2017). <http://www.webarcondicionado.com.br/> Webarcondicionado (página internet oficial), Brasil.

8. ANEXOS

Anexo I – Procedimento da Qualidade de Orçamentação da Climacer

Anexo II – Desempenho energético do edifício

Anexo III – Relatório do processo de certificação

Anexo IV – Listagem completa de cargas térmicas de projeto

Anexo V – Listagem completa de cargas térmicas com melhorias

Anexo VI – Cálculo da instalação

Anexo VII – Injector de longo alcance AJD

Anexo VIII – Válvula extração BALANCE E

Anexo IX – Grelha simples e dupla deflexão NOVA A

Anexo X – Grelha de porta NOVA D

Anexo XI – Grelha linear NOVA L

Anexo XII – Difusor linear de slot PLD

Anexo XIII – Grelha de exterior PZ

Anexo XIV – Ficha técnica split cassete 12

Anexo XV – Ficha técnica split cassete 24

Anexo XVI – Ficha técnica split conduta 36

Anexo XVII – Ficha técnica ventilador DVG-V

Anexo XVIII – Ficha técnica ventilador PRIO 200EC

Anexo XIX – Ficha técnica ventilador PRIO 250 EC – VE.IS.1

Anexo XX – Ficha técnica ventilador PRIO 250 EC – VE.IS.2

Anexo XXI – Ficha técnica unidade exterior VRF

Anexo XXII – Ficha técnica unidade interior chão VRF

Anexo XXIII – Ficha técnica derivação VRF